



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství**

**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Diagnostika aneurysmatu mozkových tepen v radiologii pomocí CT a MRI, porovnání obou metod.**

**Diagnosis of cerebral artery aneurysm in radiology per CT and MRI, comparison of both methods.**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Vedoucí práce: MUDr. Daniel Klika

**Markéta Mišovicová**

---

**Kladno, srpen 2017**

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Markéta Mišovicová**  
Obor: Radiologický asistent  
Téma: **Diagnostika aneurysmatu mozkových tepen v radiologii pomocí CT a MRI, porovnání obou metod**  
Téma anglicky: Diagnosis of Cerebral Artery Aneurysm in Radiology per CT and MRI, Comparison of Both Methods

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Předmětem bakalářské práce je problematika týkající se diagnostiky aneurysmatu mozkových tepen za pomoci radiologických zobrazovacích metod – CT a MRI. Teoretická část práce bude pojednávat stručně o principu zobrazovacích metod, kontrastních látkách, dále bude uvedena přehledná anatomie mozku, mozkového cévního řečiště a problematika aneurysmat mozkových tepen. Praktická část bude zaměřena na způsob volby modality, provedení vyšetření, využívané protokoly, parametry akvizice a podání kontrastní látky. Samostatná část bude věnována radiační zátěži pacienta při využití CT. Závěrem bude podáno shrnutí předností a nevýhod obou zobrazovacích metod. Cílem práce bude porovnávání a vyhodnocení získaných dat ze dvou zvolených nemocnic, s poukázáním i na ekonomickou náročnost těchto zobrazovacích modalit.

### Seznam odborné literatury:

- [1] FERDA, Jiří, NOVÁK, Milan, KREUZBERG, Boris, Výpočetní tomografie, ed. 1., Praha: Galén, 2002, 663 s., ISBN 80-7262-172-6
- [2] SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela, Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře, ed. 1., Praha: Grada, 2007, 319 s., ISBN 978-80-247-1106-5
- [3] MARKALOUS, Bohumil, CHARVÁT, František, Zobrazení hlavy, ed. 2., Praha/Kroměříž: Triton, 2007, 660 s., ISBN 80-7254-904-9
- [4] KRAJINA, Antonín, PEREGIN, Jan a kolektiv, Interventní radiologie – miniinvazivní terapie, ed. 1., Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005, 848 s., ISBN 80-86703-08-8

Zadání platné do: 11.09.2018

Vedoucí: MUDr. Daniel Klika

  
vedoucí katedry / pracoviště

  
děkan

V Kladně dne 23.02.2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: Diagnostika aneurysmatu mozkových tepen v radiologii pomocí CT a MRI, porovnání obou metod vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 18.08.2017

.....  
podpis

## **Poděkování**

Touto formou bych srdečně poděkovala svému vedoucímu MUDr. Danielu Klikovi za odborné vedení své bakalářské práce, čas, vstřícnost a pomoc při hledání, sbírání a následné analýze dat. V neposlední řadě děkuji za cenné rady, trpělivost a věcné připomínky, které mi velice pomohly k dokončení této práce. Mé poděkování též patří vedoucímu radiologickému asistentovi Mgr. Tomáši Schillovi za umožnění sběru dat na KZM - klinika zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici Motol. Ústřední vojenské nemocnici - Vojenské fakultní nemocnice v Praze a Fakultní nemocnici Motol děkuji za poskytnutí veškerých dat pro napsání své práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá diagnostikou aneurysmat mozkových tepen pomocí CT a MRI. Obě tyto metody jsou porovnávány. Pro porovnání byla stanovena 3 kritéria: pokud lze tyto dvě metody využít k diagnostice AN mozkových tepen a jsou-li v některých případech vzájemně zastupitelné, stanovujeme jaká je radiační zátěž CT a CTA vyšetření, kterou lze MRA vyloučit, dále porovnáváme náklady spojené s jednotlivými metodami a jaké bylo skutečné klinické využití jednotlivých metod ve stanoveném období na zvolených pracovištích (RDG ÚVN - VFN a KZM FNM).

Teoretická část pojednává o základní anatomii tepenného a žilního řečiště mozku, o principech diagnostických metod. Dále je v této části zmíněna problematika zabývající se aneurysmaty, od rozdělení aneurysmat, až po jejich léčbu.

V praktické části je uveden postup, pomocí kterého byla nasbíraná data zkoumána a následně vyhodnocena.

## **Klíčová slova**

Mozkové aneurysma; diagnostika; výpočetní tomografie (CT); magnetická rezonance (MRI); radiační zátěž

## **Abstract**

Bachelor thesis deals with diagnosis of cerebral artery aneurysms using CT and MRI. Both of these methods are compared. For comparison, 3 criteria were established: if these two methods can be used to diagnose AN arterial arteries and if they are mutually substitutable in some cases, we determine what is the CT and CTA radiation exposure that MRA can exclude, and compare the costs associated with individual methods and what was the actual clinical use of the individual methods during the set period in the selected workplaces (RDG VVN - VFN and KZM FNM).

The theoretical part deals with the basic anatomy of the arterial and venous circulation of the brain, about the principles of diagnostic methods. Next, the issue of aneurysms, from the distribution of aneurysms to their treatment, is mentioned in this part.

The practical part describes the procedure by which the collected data was examined and subsequently evaluated.

## **Keywords**

Brain aneurysms; Diagnostics; Computed tomography (CT); Magnetic resonance imaging (MRI); Radiation load

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Současný stav .....	10
2.1	Anatomie mozkového řečiště .....	10
2.1.1	Tepenné řečiště .....	10
2.1.2	Žilní řečiště.....	13
2.2	Aneurysma mozkových tepen .....	17
2.2.1	Rozdělení .....	17
2.2.2	Nejčastější místa.....	18
2.2.3	Vznik.....	18
2.2.4	Projevy .....	18
2.2.5	Léčba.....	19
2.3	CT .....	21
2.3.1	Princip .....	21
2.3.2	Parametry vyšetření .....	22
2.3.3	Rekonstrukce.....	24
2.3.4	Indikace a kontraindikace .....	26
2.3.5	Příprava pacienta a průběh vyšetření.....	26
2.3.6	CTA.....	27
2.4	MRI.....	29
2.4.1	Princip .....	29
2.4.2	Tvorba MRI obrazu .....	30
2.4.3	Sekvence .....	32

2.4.4	Indikace a kontraindikace .....	34
2.4.5	Příprava pacienta a průběh vyšetření .....	34
2.4.6	MRA .....	35
2.5	Kontrastní látky .....	36
2.5.1	Kontrastní látky pro rentgenové vyšetření .....	36
2.5.2	Kontrastní látky pro CT .....	37
2.5.3	Kontrastní látky pro MRI .....	38
3	Cíl práce .....	39
4	Metodika .....	40
5	Výsledky .....	41
5.1	Počet vyšetření .....	41
5.2	Radiační zátěž.....	46
5.3	Ekonomická náročnost.....	47
6	Diskuze .....	49
7	Závěr .....	56
8	Seznam použitých zkratk.....	58
9	Seznam použité literatury.....	60
10	Seznam použitých obrázků .....	64
11	Seznamu použitých tabulek .....	65
12	Seznam Příloh .....	66



# 1 ÚVOD

Téma bakalářské práce poukazuje na problematiku diagnostiky mozkových aneurysmat. Procentuálně se aneurysmata v mozku vyskytují v 1-2%, avšak 90% těchto výdutí je nalezeno ve Willisově okruhu. Nelze jednoznačně říci, zda výskyt aneurysmat je závislý na pohlaví či věku pacienta. Díky těmto z mnoha důvodů jsou aneurysmata tak nevyzpytatelná a mnohdy nedojde k jejich diagnostice za celý život člověka.

Pomocí zdokonalujících se diagnostických a zobrazovacích metod dochází k rychlejší a přesnější diagnostice aneurysmat. Mozková aneurysmata mohou být diagnostikována pomocí CT a MRI. Mezi další metody patří například DSA (digitální subtrakční angiografie), tato metoda je však metodou invazivní a není v této práci zahrnuta. Obě metody zahrnuté v bakalářské práci mají své klady a zápory. U CT mezi kladnou stránku řadíme rychlost vyšetření a mezi zápory patří radiační zátěž pacienta. MRI nepředstavuje pro pacienta žádnou radiační zátěž, což je považováno za kladnou stránku, naopak do záporu je řazena delší časová a finanční náročnost tohoto vyšetření.

Praktická část práce je věnována samotnému výzkumu. Zde budou řešeny 3 hlavní body: radiační zátěž, ekonomická náročnost obou modalit a počet jednotlivých vyšetření na určených pracovištích za stanovené časové období. Ke zkoumání radiační zátěže byla zvolena veličina nazývaná se efektivní dávka. Potřebná data pro výpočet jsem sbírala v Ústřední vojenské nemocnici - Vojenské fakultní nemocnici na Radiodiagnostickém oddělení a Fakultní nemocnici Motol na Klinice zobrazovacích metod. Ekonomická náročnost bude řešena porovnáváním bodových hodnot zobrazovacích metod, dále bude poukázáno na ceny materiálu a kontrastních látek. Četnost využití jednotlivých modalit bude porovnávána pomocí dat, která byla zjištěna v daných nemocnicích.

V diskuzi se budu zabývat vyhodnocováním své samostatné práce. V závěru bakalářské práce shromáždím výsledky vlastní práce týkající se dané problematiky.

## 2 SOUČASNÝ STAV

### 2.1 Anatomie mozkového řečiště

Prívod okysličené krve do mozku zajišťují čtyři hlavní tepny, přesněji dvě karotické

a dvě vertebrální. Po spojení větví těchto tepen na úrovni baze lební, vzniká tzv. Willisův okruh, který zajišťuje stálé zásobení mozku krví, kdyby došlo k uzavření nebo stenóze některé z těchto hlavních tepen.

Neokysličená krev je odváděna pomocí žil. Tyto žíly rozdělujeme na dvě skupiny, povrchové a hluboké.

#### 2.1.1 Tepenné řečiště

**A. carotis communis** - začíná obvykle nesymetricky. Vlevo odstupuje přímo z arcus aortae. Vpravo odstupuje z truncus brachiocephalicus. Při vzájemném symetrickém průběhu v kraniální oblasti (kolem boků trachey a jícnu, za štítnou žlázou), se ve výši obratlů C<sub>3</sub> - C<sub>4</sub> (výše horního okraje štítné chrupavky) dělí na a. carotis interna (vnitřní krkavice), která se dále nevětví a pokračuje kraniálně pod bází lebeční, a a. carotis externa (vnější krkavice), která se dále větví směrem ke krku a k obličeji. Zevní karotické tepny jsou zpravidla užšího průměru, než vnitřní karotické tepny.

V oblasti rozdělení a. carotis communis se nachází glomus caroticum, což je drobné tělísko, které je vyživováno drobnými větvíčkami a. carotis externa. Má funkci chemoreceptoru, to znamená, že zaznamenává změny obsahu O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> v krvi a realizuje příslušné regulační mechanismy [5, 9, 14, 15, 16, 18, 19, 20].

##### Přehled větví:

a. carotis interna, a. carotis externa.

**A. carotis interna** - začíná v oblasti rozdělení a. carotis communis, obvykle laterálně vzadu a pokračuje kraniálně pod bází lebeční, následně vede do canalis caroticus a dále do dutiny lebeční. V průběhu se dostává mediálně ke stěně hrtanu a dále do spatium retrostyloideum.

Tuto tepnu můžeme rozdělit na sedm úseků (dle Bouthilliera): krční (C<sub>1</sub>), petrózní (C<sub>2</sub>), lacerózní (C<sub>3</sub>), kavernózní (C<sub>4</sub>), klinoidální (C<sub>5</sub>), oftalmický (C<sub>6</sub>) a komunikující (C<sub>7</sub>).

Tepna zásobuje větší oblast mozkových hemisfér včetně hypofýzy, celé oko včetně víček, kůži čela a nosního hřbetu, sliznici středoušní dutiny [5, 9, 14, 15, 16, 18, 19].

Přehled hlavních větví:

a. hypophysialis inferior, a. hypophysialis superior, a. ophthalmica (a. centralis retinae, a. lacrimalis, aa. ciliares at musculares, a. ethmoidalis posterior, a. ethmoidalis anterior, aa. palpebrales mediales, a. supratrochlearis, a. dorsalis nasi), a. choroidea anterior, a. cerebri anterior, a. cerebri media.

**A. carotis externa** - začíná v trigonum caroticum (asi pod úhlem mandibuly).

Obvykle probíhá nejdříve dopředu a mediálně vůči a. carotis interna, a potom se dostává před ní laterálně, stoupá nahoru a zanořuje se kraniálně za mandibulu. Zásobuje hlavu (kromě mozku, očí a vnitřního ucha), většinu orgánů krku, svaly na přední straně krku, část šíjového svalstva a obaly mozku [5, 9, 14, 15, 16, 18, 19].

Přehled větví:

a. thyroidea superior (a. laryngea superior), a. lingualis (a. sublingualis, a. profunda linguae), a. facialis (a. palatina ascendens, a. submentalis, a. labialis superior a inferior, a. angularis), a. pharyngea ascendens (a. meningeae posterior, a. tympanica inferior), a. occipitalis, a. auricularis posterior (a. stylo-mastoidea, a. tympanica posterior), a. maxillaris (a. auricularis profunda, a. tympanica anterior, a. meningeae media, a. alveolaris inferior, a. masseterica, aa. temporales profundae, a. buccalis, a. alveolaris superior, a. alveolaris posterior, a. infraorbitalis, a. canalis pterygoidei, a. palatina descendens, a. sphenopalatina), a. temporalis superficialis (a. transversa faciei, a. zygomaticoorbitalis, a. temporalis media).

**A. communicans anterior** - je transversální jednoduchá nepárová nebo dvojité spojení, která spojuje obě aa. cerebri anteriores před vstupem do fisura interhemisphaerica (rýha mezi mozkovými hemisférami) [5, 9, 14, 16, 19].

**A. communicans posterior** – je spojení s a. cerebri posterior. Nasedá na a. cerebri posterior nedaleko od bifurkace a. basilaris a odděluje tak iniciální úsek a. cerebri posterior od jejího dalšího distálního průběhu skrz cisterna ambiens [5, 9, 14, 16, 19].

**A. vertebralis** - odstupuje nejčastěji z a. subclavia. Vede kraniálně, vstupuje do foramen processus transversarii obratle C6, dále probíhá všemi obratli včetně atlasu vzhůru. Do dutiny lebky vstupuje přes foramen magnum. Při horním okraji prodloužené míchy a pontu se spojuje s druhostrannou tepnou do a. basilaris, na kraniálním konci se

znovu rozděluje na dvě a. cerebri posterior dextra et sinistra. Jdou k hemisféře koncového mozku na mediální plochu týlního a spánkového laloku. Zásobuje hluboké svaly přiléhající ke krční páteři, stěny páteřního kanálu, spinální ganglia, obaly míšní a míchy, tvrdou plenu mozkovou v části zadní jámy lebeční a mozek [5, 9, 14, 15, 16, 17, 19].

#### Přehled větví:

a. cerebri posteriores, a. spinalis anterior, a. spinalis posterior, a. cerebelli inferior posterior, aa. medullares.

**A. basilaris** - je uložena mezi klivem a pontem. Nad horním okrajem pontu se dělí na aa. cerebri posteriores. Tato bifurkace je uložena různě vysoko v cisterna intercruialis a soutokem s aa. communicantes posteriores se zde uzavírá dorzální část Willisova okruhu [5, 9, 14, 16, 19].

#### Přehled větví:

aa. cerebellares inferiores anteriores, aa. pontis, aa. cerebellares superiores.

**Willisův okruh** - je tvořen úseky tří dvojic velkých tepen - aa. cerebri anteriores, aa. cerebri mediae, aa. cerebri posteriores. Odstupují z něj čtyři skupiny centrálních arterií - aa. centrales anteromediales, aa. centrales anterolaterales, aa. centrales posteromediales, aa. centrales posterolaterales. Dále je součástí aa. choroideae - anterior at posterior [5, 9, 14, 16, 17, 19].

**A. cerebri anterior** - je větví a. carotis interna a je rozdělena na tři segmenty. Horizontální úsek (A1) se po propojení s párovou druhostrannou arterií ohýbá velkým obloukem přes genu corporis callosi směrem nahoru jako a. pericallosa - segment A2 a A3. Zásobuje mediální plochy mozkových hemisfér nad corpus callosum a paramediální konvexitu ve frontálním a parietálním vertexu [5, 9, 14, 16, 17, 18, 19].

**A. cerebri media** - je větví a. carotis interna. Po svém odstupu se ubírá laterálně pod bazí mozku směrem k fisura cerebri lateralis (M1), kde se ohýbá vzhůru (M2). Po odstupu inzulárních větví probíhá již rozdělena na povrch hemisféry (M3). Po docílení zevního povrchu velkého mozku se její povrchové větve rozbíhají do tří směrů - ventrální, kraniální a dorzální. Dále se zde nacházejí větve, které se kloní z temporálního opercula bazálně po zevní ploše temporálních laloků (M4). Zásobuje oblast celého parietálního laloku, dorzální část frontálního laloku, vše bez paramediálních zón a. cerebri anterior, dále také kortex inzuly a zevní kortex temporálních laloků [5, 9, 14, 16, 17, 19].

**A. cerebri posterior** je konečnou větví a. basilaris a dělí se na tři segmenty. Prvním segmentem je úsek prekomunikující nebo také pedunkulární (P1), začíná při odstupu z a. basilaris a končí u odstupu a. communicans posterior, další segment se nazývá ambientní (P2) a posledním segmentem je úsek quadrigeminální (P3) [5, 9, 14, 16, 17, 23].

### 2.1.2 Žilní řečiště

Žilní řečiště mozku se skládá z povrchových žil, hlubokých žil a durálních splavů. Mozkové žíly mají variabilní průběh a navzájem se spojují několika anastomózami. Silnější žilní kmeny probíhají po konvexní ploše hemisféry. Tyto žíly mají tenké stěny a nemají chlopně [5, 14, 19, 24].

#### Povrchové žíly:

Odvádí krev z mozkové kůry do žilních splavů.

**Vv. Cerebri superiores** - soubor 10 – 15 žil, které se nacházejí na zevní horní straně hemisféry. Žíly probíhají dorsokraniálně a ústí do sinus sagittalis superior, odvádějí krev převážně z frontálního a parietálního laloku [5, 9, 14, 18, 19, 23, 24].

**Vv. Cerebri inferiores** - leží na facies inferior hemisféry a na dolní laterální straně hemisféry. Žíly ústí do sinus petrosus inferior, sinus petrosus superior a sinus transversus, odvádějí krev z lobus temporalis a z bazální plochy mozku [5, 14, 18, 19, 23, 24].

**V. cerebri media superficialis** - nachází se na povrchu ramus posterior sulci lateralis cerebri a dále ústí do sinus sphenoparietalis nebo do sinus cavernosus. Sbírá krev ze zevní plochy hemisfér [5, 9, 14, 18, 19, 23, 24].

**V. anastomotica superior (Trolardova žíla)** - spojka spojující v. cerebri media superficialis a některou z vv. cerebri superiores. Dále představuje anastomózu mezi sinus sagittalis superior a sinus cavernosus [9, 14, 17, 19, 24].

**V. anastomotica inferior (Labbéova žíla)** - spojka propojující v. cerebri superior a některou z vv. cerebri inferiores, táhne se po zevní ploše hemisféry dozadu a dolů. Představuje anastomózu mezi sinus transversus a sinus cavernosus [9, 14, 17, 19, 24].

#### Hluboké žíly:

Odvádí krev z diencephala a hlubokých struktur hemisfér do v. magna cerebri.

**V. cerebri magna (Galení)** - je nepárová asi 1 cm dlouhá žíla. Vzniká v oblasti epifýzy spojením pravé a levé v. cerebri interna a pravé a levé v. basalis, dále zatačí kolem splenium corporis callosi a ústí do sinus rectus [5, 9, 14, 18, 19, 24].

**Vv. basales (Rosenthali)** - párová žíla vznikající na spodní ploše čelního laloku v oblasti substantia perforata anterior, soutokem vv. cerebri anteriores a v. cerebri media profunda. Dále obemyká crura cerebri, přijímá větve z hypothalamu a z fossa interpeduncularis. Ústí do začátku v. cerebri magna [5, 9, 14, 18, 19, 24].

**Vv. cerebri internae** - párová žíla uložena na stropu III. mozkové komory (tela choroidea ventriculi tertii). Pravá a levá v. cerebri interna začíná v přední části thalamu spojením tří žil. Konkrétně v. anterior septi pellucidi, v. choroidea superior a v. thalamostriata superior. Pod splenium corporis ústí do v. cerebri magna [5, 9, 14, 18, 19, 24].

**V. septi pellucidi** - odvádí krev ze septum pellucidum a caput nuclei caudati [14, 19, 24].

**V. choroidea superior** - vede podél plexus choroideus postranních komor a přijímá větve z oblasti hippocampu, fornixu a corpus callosum [14, 19, 24].

**V. thalamostriata superior** - probíhá v úhlu mezi thalamem a nukleus caudatus. Odvádí krev ze striata thalamu a capsula interna [14, 19, 24].

#### Durální splavy (sinus durae matris)

Nacházejí se mezi dvěma listy tvrdé pleny mozkové a dále v jejich řasách. Odvádějí krev z mozku, lebečních kostí a mozkových plen do v. jugularis interna. Nemají chlopně a v jejich stěně je hladká svalovina nahrazena vazivem. V některých splavech jsou jemné vazivové pruhy. Tok krve není regulován [5, 14, 19, 23, 24].

**Sinus sagittalis superior** - jedná se o nepárový splav, který se rozprostírá od foramen caecum před crista galli, z této oblasti pokračuje ve střední čáře kosti lebeční klenby (v odstupu falx cerebri) dozadu až po protuberantia occipitalis interna, v těchto místech se obvykle dělí na pravý a levý sinus transversus. Ze sinu vystupují místy na obě strany výdutě, které se nazývají - lacunae sinus sagittalis superioris. Do dutiny prostoru sinusu a jeho lakun vnikají drobné klkaté výběžky pavučnice (arachnoidea) a prostory sinusu vnikají až do kosti, v níž jsou ukotveny v malých jamkách (foveolae granulares). Tyto výběžky se nazývají granulationes arachnoideae. Při řezu je sinus trojhranný a může být zdvojen [14, 18, 19, 24].

**Sinus sagittalis inferior** - jde o nepárový splav, který prochází v dolním konkávním okraji falx cerebri, kde zaujímá jeho dorsální 2/3. V prostoru spojení falx cerebri s transversální řasou tvrdé pleny, která se nazývá tentorium cerebelli, ústí sinus sagittalis inferior do sinus rectus [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus rectus** - krátký nepárový splav, který vzniká spojením sinus sagittalis inferior a v. cerebri magna, v místě styku falx cerebri s tentorium cerebelli jde šikmo dozadu dolů k protuberantia occipitalis interna, kde dále ústí do sinus transversus levé či pravé stran, nebo se rozvětví do sinus transversus obou stran [14, 18, 19, 23, 24].

**Sinus occipitalis** - malý nepárový splav, který začíná kolem foramen magnum a dále stoupá po crista occipitalis interna od foramen magnum k protuberantia occipitalis interna, kde se dále vlévá do jednoho nebo po rozdělení do obou sinus transversi. Malými spojkami je spojen i se sinus sigmoideus [14, 18, 19, 21, 24]

**Sinus transversus** - jedná se o párový splav, který vede od protuberantia occipitalis interna, dále probíhá laterálně po crista transversa squamae occipitalis. Je uložen v úponu tentorium cerebelli, k dorsální části os petrosus. V těch to místech směřuje dolů a mění se v sinus sigmoideus. Levý a pravý sinus transversus nejsou symetrické, proto krev odtéká z velké části do pravé nebo levé v. jugularis interna. Na průřezu je trojboký [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus sigmoideus** - je párový splav, který je pokračováním sinus transversus. Vytváří esovitý otisk na mastoidální části os temporale, za facies posterior ossis petrosi a dále sestupuje do foramen jugulare, kde ústí do v. jugularis interna. Ve foramen mastoideum má spojku do v. occipitalis [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus petrosus superior** - párový splav, který leží v úponu tentorium cerebelli (v sulcus sinus petrosi superiores) při horní hraně pyramidy spánkové kosti. Tvoří spojení mezi sinus cavernosus na jedné straně a přechodem mezi sinus transversus a sigmoideum na druhé straně [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus petrosus inferior** - spojuje sinus cavernosus s bulbus v. jugularis internae. Vede při dolním okraji pyramidy a dále do foramen jugulare. Mnohdy je vytvořen ve formě plexu a ústí do subokcipitální žilní pleteně. Vedou do něj žíly vnitřního ucha, přesněji vv. labyrinthi [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus cavernosus** - jde o párový dutinkový splav, který je uložený po stranách sella turcica na těle kosti klínové. Rozprostírá se ventrálně k fisura orbitalis superior,

dorsálně až ke hrotu pyramid. Netvoří hladkostěnnou dutinu, protože je tvořen četnými trávci. Sinusem probíhá a. carotis interna a v jeho boční stěně n. oculomotorius, n. trochlearis a 1. větev trojklanného nervu. Zadním dolním okrajem může probíhat 2. větev trojklanného nervu. Levý a pravý sinus cavernosus jsou propojeny před a za fossa hypophysialis. Dále zde ústí v. ophtalmica superior a v. ophtalmica inferior [14, 18, 19, 21, 24].

**Sinus intercavernosi anterior at posterior** – jedná se o příčné spojky kaverosních splavů, které se nacházejí před a za fossa hypophysialis [14, 19].

**Sinus sphenoparietalis** - párový, drobný, bilaterálně vytvořený splav, který se rozprostírá při sutura frontoparietalis, dále v zadním okraji malých křídel kosti klínové a před vnitřním okrajem fisura orbitalis superior ústí do sinus cavernosus. Má spojku s diploickými vénami [14, 18, 19, 21, 24].

**Plexus basilaris** - jedná se o žilní pletěň menších rozměrů, která je uložena na clivus ossis occipitalis. Sjednocuje sinus cavernosi, sinus petrosi inferiores a kaudálně navazuje na sinus marginales (sinus occipitalis) a žilními pleteněmi páteřního kanálu, na které navazuje [14, 19, 21, 24].

**Confluens sinuum** - představuje soutok splavů, kdy se jedná o nekonstantní rozšíření, kde sinus sagittalis superior přechází do sinus transversi a dále se podle toku krve připojují sinus occipitalis a sinus rectus. Uspořádání této oblasti je variabilní a často nesymetrické, převažuje odtok do sinus transversus z pravé strany [14, 19, 21].



## 2.2 Aneurysma mozkových tepen

Aneurysma je stav, kdy dochází k místnímu ohraničenému rozšíření tepny. Na rozdíl od pseudoaneurysmatu, je stěna aneurysmatu tvořena všemi anatomickými vrstvami cévní stěny. Aneurysma mozkových tepen jsou častější, než aneurysmata kdekoli v těle na tepnách obdobného typu. V celé populaci se vyskytuje 1 - 2% tepenných aneurysmat v oblasti mozku, více než 90% se nachází v oblasti Willisova okruhu. U 20% pacientů je zjištěn několikanásobný výskyt [2, 5, 7, 9, 11, 24, 31, 32].

### 2.2.1 Rozdělení

Aneurysmata mozkových tepen lze rozdělit do mnoha skupin podle různých kritérií.

#### Klinické rozdělení

- **Nekrvácející asymptomatická aneurysmata**
- **Nekrvácející symptomatická aneurysmata**
- **Krvácející aneurysmata**

#### Rozdělení dle tvaru a velikosti

- **Vakovitá aneurysmata** - zasahují pouze do části cévy po obvodu. Tyto aneurysmata dále dělíme na:
  - *Baby* - velikost do 2 mm
  - *Malá* - velikost 2 - 6 mm
  - *Střední* - velikost 6 - 12 mm
  - *Velká* - velikost 12 - 25 mm
  - *Gigantická* - velikost 25 - 35 mm
  - *Supergigantická* - velikost nad 35 mm
- **Fusiformní (vřetenovitá) aneurysmata** - nacházejí se po celém obvodu cévy.
- **Disekující aneurysmata** - původce vyklenutí cévy s narušením jejích vrstev.

#### Dělení dle šíře krčku

- **Aneurysma se štíhlým krčkem**
- **Aneurysma s širokým krčkem**
- **Aneurysma bez patrného krčku**

## **Další dělení**

- **Pravé aneurysma** - tvoří jej celá stěna tepny, zpravidla způsobeno degenerativními změnami (nejčastěji ateroskleróza).
- **Nepravé aneurysma** - vzniká posttraumaticky nebo po operaci (stěna cévy má defekt a proto krev teče do blízkého okolí. Krev je obklopena okolními tkáněmi) [2, 5, 7, 9, 11, 24, 31, 32].

### **2.2.2 Nejčastější místa**

Nejvíce aneurysmat se vyskytuje na úrovni Willisova okruhu (90%).

Patří sem a. communicans anterior s oběma A1 úseky aa. cerebri anteriores, spojení a. communicans posterior s a. carotis interna, a. carotis interna před jejím vystoupením z kavernózního sinu či při odstupu oftalmické tepny a dále sem patří a. basilaris [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 24 ].

### **2.2.3 Vznik**

Vznik tohoto jevu má za následek několik příčin, avšak prvotní startující podnět Není dosud znám. Mezi hlavní příčinu vzniku řadíme ztenčení cévní stěny na dané tepně. Dochází tedy ke ztrátě svaloviny a elasticity. K tomuto ději může dojít již v embryonálním vývoji, nebo k němu dochází v průběhu života. Na vzniku aneurysmat má svůj podíl také hemodynamický stres, jedná se o odlišné zatížení stěn vaku při dopadu vířivého toku krve [1, 2, 5, 7, 24, 32].

### **2.2.4 Projevy**

Velká část aneurysmat neprojevuje žádné příznaky, jsou tedy asymptomatická. Najdou se však i aneurysmata s určitými známkami projevu. Projev aneurysmat je závislý hlavně na jejich umístění, velikosti a tvaru. Mezi nejzávažnější znaky projevu se řadí ruptura, při jejímž vzniku dochází k subarachnoidálnímu krvácení (SAK). SAK může vést k poruše vědomí, nevolnosti, náhle začínající kruté bolesti hlavy, zvracení a v neposlední řadě i k úmrtí pacienta (záleží na lokalizaci a objemu vyteklé krve). K dalším příznakům patří utlačování okolních struktur, bolesti hlavy, intrakraniální hypertenze (supergigantická aneurysmata), dráždění a parézy hlavových nervů (III., IV., V., VI.) [2, 5, 7, 24, 31, 42].

### 2.2.5 Léčba

Endovaskulární léčba má oproti chirurgické léčbě hlavní výhodu v nízké invazivitě. Obě tyto léčby se provádějí v celkové anestezii, avšak u velkých aneurysmat, kdy se při uzavěru tepny využívá balónek, se doporučuje nechávat pacienta při vědomí (pro intraoperační neurologické vyšetření). V druhé části ošetření velkého aneurysmatu se využívá analgosedace [1, 2, 5, 9, 10, 31, 32, 33, 42].

Po chirurgické i endovaskulární léčbě může dojít ke komplikacím. Patří sem tromboembolické a hemoragické komplikace, úmrtí [1, 2, 5, 9, 10, 31, 32, 33, 42].

#### Chirurgická léčba

Jedná se o léčbu, jejímž primárním cílem je odstranění aneurysmatu pomocí tzv. clippingu. Při této metodě dochází k otevření lebky (kraniotomie) v příslušném místě. Operátor, tedy neurochirurg poté uzavře krček aneurysmatu svorkou, která je k tomuto výkonu určena. Po uzavření krčku je zajištěna průchodnost zbylých cév.

Tento typ léčby je řazen mezi velmi riskantní. V dnešní době se dává větší přednost endovaskulární léčbě, pro menší zásah do těla pacienta. Když však není dostupná endovaskulární léčba, nebo např. převoz pacienta je riskantní, přistupuje se k chirurgické léčbě [1, 2, 10, 24].

#### Intervenční - endovaskulární léčba

Hlavním cílem tohoto druhu léčby je vyplnění příslušného aneurysmatu kovovými spirálkami, které jsou do aneurysmatu dopraveny pomocí katetru. Místem vstupu katetru do těla pacienta bývá femorální tepna. Této metodě se též přezdívá coiling a řadí se mezi miniinvazivní.

Mezi starší endovaskulární metodu řadíme použití odpoutatelných balónků, díky kterým dochází k embolizaci intrakraniálních aneurysmat. Tuto metodu vymyslel a zdokonalil Serbiněnko a jeho žák Scheglov v 60. a 70. letech 20. století. Mezi nejnovější metody léčby patří použití flow- diverterů (hustě pletené stenty). Při použití flow - diverterů dochází ke změně toku krve z AN do mateřské tepny. Pomocí změny toku krve dochází k pomalému toku krve v AN, což má za následek vznik trombu. Díky těmto stentům dochází v průběhu času k remodelaci léčeného místa, protože stent je po čase začleněn do stěny tepny.

Léčba je dělena na rekonstrukční a dekonstrukční.

- **Rekonstrukční** - je nadále zachována mateřská tepna

- **Dekonstrukční** - dochází k uzavření mateřské tepny spolu s aneurysmatem, nebo dojde k obrácení toku krve v dané tepně, to vede ke zmenšení velikosti aneurysmatu.

Léčení jsou prvotně pacienti s krvácejícími aneurysmaty, nemocní, jenž mají více než 3 dny po vzniku SAK a osoby starší 50 let.

V roce 2003 bylo v České republice touto metodou léčeno asi 50% aneurysmat, stala se součástí základní léčby tohoto onemocnění ve velké části neurochirurgických center [1, 2, 4, 5, 24, 32, 33].

### **Konzervativní**

K této léčbě se přistupuje tehdy, když je odložena operace. Mezi výkony, které se provádějí při konzervativní léčbě, patří zevní komorová drenáž. K zevní komorové drenáži dochází v případě, kdy dojde k blokování likvorové cesty. Při tomto stavu může pacientovi vzniknout akutní hydrocefalus.

Při dané léčbě je nemocný v klidu, neustále pod dohledem s možnou resuscitační péčí [1, 2, 24].

Mezi konzervativní léčbu dále řadíme tzv. watchful waiting - sledování. Sledování probíhá u pacientů, kterým bylo objeveno aneurysma mozkových tepen, ale neprojevuje se žádnými příznaky. Tyto aneurysmata mají malé riziko ruptury. Léčba spočívá v občasné sledování pacienta pomocí CTA nebo MRA. Pokud je vše beze změn a riziko ruptury je menší, než riziko během operace nebo intervence, lékař svého pacienta dále sleduje, nesmí dojít k ohrožení života pacienta [1, 2, 24].

## 2.3 CT

První výpočetní tomografie (CT) byla vyrobena v roce 1972, sestrojil ji Godfrey Newbold Hounsfield. Během dvou desetiletí se CT metoda stala standartní vyšetřovacím postupem v nemocnicích po celé České republice, stále se modernizuje a vyvíjí. Jedná se o dynamickou zobrazovací metodu, která je neinvazivní a má excelentní prostorovou rozlišovací schopnost umožňující provádět virtuální 3D nebo 4D vyšetření. V posledních letech je již konvenční CT založené na sekvenčním zobrazení relativně širokých vrstev nahrazeno MDCT (multidetektorová výpočetní tomografie) vycházející z principů heliakálního (spirálního) CT [4, 6, 12, 13, 25].

### 2.3.1 Princip

Výpočetní tomografie využívá digitálního zpracování dat po průchodu rentgenového záření (RTG) v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou, tedy určitou oblastí lidského těla, která je vyšetřována. Pacient je snímán pomocí rentgenky v transversální rovině. Paprsek, který prochází vyšetřovanou částí těla, se postupně zeslabuje a po průchodu dopadá na detektory. Detektory tak zaregistrují již zeslabené záření a převádějí ho na elektrický signál. Tento signál je dále zpracován pomocí počítače. Obraz z těchto dat získáváme pomocí matematických operací. Abychom dostali obraz celé vyšetřované oblasti, je nutné, aby rentgenka a detektory kolem pacienta rotovaly a vyšetřovací stůl se zároveň posouval [4, 6, 9, 12, 25, 30].

Obrazová data jsou přenesena do matice bodů, které se nazývají obrazové body - pixely (picture element). Ve skutečnosti tyto body odpovídají hranolům a jejich výška je dána kolimací, tyto body nazýváme voxely (volume element). Jeden celý řez je tedy dán čtyřrozměrnou maticí. První rozměr představuje polohu na ose X, druhý rozměr zastává polohu na ose Y, třetí rozměr Z je šířka kolimace a čtvrtý rozměr je mírou zeslabení záření v daném bodě prostoru - denzita [4, 6, 9, 12, 25, 30].

Výsledný obraz vzniká díky zaznamenané denzitě, neboli hodnotě míry zeslabení prošlého záření. Stupnice denzit je definována jako úsečka, která je rozdělena na 4 096 stupňů. V této stupnici jsou dva základní body a to - 1 000 HU a 0 HU, jedná se o hodnotu denzity vzduchu (- 1 000 HU) a numerický střed pro denzitu vody (0 HU). Denzity jednotlivých struktur se pohybují v rozpětí - 1 000 až + 3 096 HU. Rozdíly mezi

jednotlivými body se zobrazují pomocí stupňů šedi. Při zobrazení celého intervalu denzity, nedokáže lidské oko vnímat všechny stupně denzity, reprezentované odstíny šedi, a proto se používají tzv. okénka - window. Při použití okénka se vždy vybere interval na Hounsfieldově stupnici. Tomuto intervalu je přiřazena celá stupnice šedi. Okénko je charakterizováno středem intervalu (center - C) a šíří (width - W). Tímto způsobem se zviditelní jednotlivé struktury tkání, které mají odlišné fyzikální kvality - denzitu [4, 6, 9, 12, 25, 30].

### 2.3.2 Parametry vyšetření

*Skenovací parametry:*

#### **Expozice**

Obecně platí, že hodnota napětí (kV) ovlivňuje výsledný obraz jen méně na rozdíl od mAs, která zásadně ovlivňuje kvalitu výsledných axiálních obrazů.

- **mAs** - zvýšení mAs a doby skenování má za následek lepší kvalitu obrazu, snížený šum, ale zvýšenou radiační dávku na pacienta a vyšší riziko vzniku pohybových artefaktů. Obecně lze říci, že platí lineární vztah mezi zvýšením mAs a absorbovanou dávkou. Expozice se dá nastavit ručně, ale dnešní přístroje využívají software pro automatické ovládání expozice. Ruční nastavení se využívá například u obézních pacientů a u dětí. U dětí se tím sníží dávka, ale nikdy se to nevyužívá na úkor diagnostické kvality obrazu. Software využívající se v nových přístrojích automaticky zvýší mAs v těch oblastech těla s největším útlumem a naopak snižuje mAs v těch oblastech, kde je nižší útlum. V konečném výsledku software obvykle zvyšuje mAs v ramenech a bocích, ke snížení dochází na břicho a hrudníku. Automatické nastavení mAs snižuje radiační dávku a minimalizuje artefakty [12, 26, 30].
- **Kv** - obvyklé hodnoty napětí pro vyšetření pomocí CT jsou 120 - 140 kV. Tvrdší záření má vyšší penetraci a omezuje tak tvorbu artefaktů ze záření, především v oblasti, kde se nachází kov. Nastavení vyššího napětí snižuje maximální přípustnou hodnotu nastavení proudu. Dá se říci, že obecně platí pravidlo, kdy dávka stoupá s druhou mocninou kV. Snížením dávky od 120 - 100 kV snížíme dávku o 33%, kdežto další snížení na 80 kV sníží dávku o 65%. Avšak snížení kV má za následek nelineární, exponenciální zvýšení šumu. V tomto případě se tedy

musí zvednout mAs, aby byl obraz kvalitní. Snížení kV je v dnešní době využíváno při vyšetření dětí a neobézních pacientů, obzvláště u angiografických a vaskulárních studiích [12, 26, 30].

### **Kolimace**

- Jedná se o tloušťku vrstvy, která je dána šířkou svazku RTG záření. U multidetektorových přístrojů lze vrstvy nastavit nejčastěji v rozsahu 1 - 10 mm. Ideální by bylo vyšetřovat co nejužší vrstvy, které na sebe navazují nebo se překrývají. V praxi však musíme přihlížet k radiační zátěži, zátěži rentgenky, délce vyšetření a maximální rozlišovací schopnosti. Při spirálním vyšetření může dojít ke zkreslení obrazu v axiální rovině, které vzniká pohybem při rotačním skenování. Toto zkreslení je kompenzováno výpočetním algoritmem výstavby obrazu ( $360^\circ$  nebo  $180^\circ$  lineární interpolace) [12, 26].

### **Rotační perioda**

Doba, za kterou se rentgenka a detektory otočí o  $360^\circ$ . Krátká perioda se využívá při vyšetření rychle se pohybujících struktur, jako je např. ascendentní aorta, nitrosrdční struktury, srdce a dále se využívá u neklidných pacientů. Dnes se dá použít perioda zobrazení až 250 ms a to díky rychlému posunu stolu nebo v kombinaci s elektrokardiografickým gatingem. Perioda zobrazení je doba, kdy jsou pořízena data pro jediný axiální obraz [12, 26].

### **Rychlost posunu stolu – Pitch-faktor stoupání**

Jedná se o poměr mezi hodnotou posunu stolu za jednu rotaci vůči kolimaci vrstvy. Pokud je tento parametr menší než 1, dochází k překrývání vrstev, pokud je však parametr větší než 1, vznikají mezi vrstvami mezery. Když se Pitch rovná 1, akvizice jsou souvislé, nedochází k žádnému překrývání a nevznikají ani mezery [12, 26].

#### *Obrazové parametry:*

Mezi základní typy matematických operací, kterými se rekonstruuji z hrubých dat data obrazová, patří - filtrovaná zpětná projekce a iterativní rekonstrukce [12, 26].

### **FOV = field of view (velikost zobrazovaného pole)**

Významný parametr, který ovlivňuje rozlišovací schopnost obrazu. Pomocí tohoto parametru dochází k nastavení průměru rekonstruovaného obrazu. Pro nejlepší rozlišovací schopnost nastavujeme FOV na objekt zájmu, nikoli na okolní prostor nebo objekty, které nevyšetřujeme. Strukturu objektu lze popsat od velikosti  $2 \times 2$  pixely. Při CT

vyšetření se používají nejčastěji matice o velikosti 512x512 nebo 1024x1024 bodů. Velikost matice určuje, z kolika pixelů je CT obraz složen. Rozloha jednoho pixelu je shodná s jednou absolutní číselnou hodnotou, to znamená, že pixel je odstínově zcela homogenní. Po nastavení příliš velké skenované oblasti má za následek zvětšení velikosti pixelu a snížení rozlišovací schopnosti [9, 12, 26].

#### **Increment = reconstruction interval**

Umožňuje libovolné nastavení vzdálenosti mezi rekonstruovanými tomogramey. Jinými slovy lze říci, že tento parametr zajišťuje o kolik se samotné obrazy při rekonstrukci budou překrývat. Tento parametr spolu se zvolenou kolimací a pitch - faktorem zásadně ovlivňuje rozlišení v ose Z a využívá se hlavně u helikálního vyšetření [12, 26].

#### **Kernel**

Jde o výpočetní algoritmus, jehož volbou se ovlivní kvalita konečného zobrazení tkání. Tento algoritmus pracuje s naměřenými hrubými daty. Při použití algoritmu lze říci, že se jedná o obrysovou manipulaci s obrazem. Pokud je potřeba obraz vyhladit (smoothing), tedy snížit množství viditelného šumu pro lepší zobrazení měkkých tkání (krk, mediastinum, dutina břišní), využívá se nízkofrekvenčních algoritmů (low spatial frequency algorithm). Naopak vysokofrekvenční algoritmy (high spatial frequency algorithm) obraz zостří, zvýrazní rozhraní, zvýší prostorové rozlišení, což umožní lepší zobrazení velmi drobných struktur. Vysokofrekvenční algoritmy se využívají při vyšetření, kde je nutná vysoká rozlišovací schopnost např. HRCT plic a kosti skalní. Tyto algoritmy využívají všechna naměřená data [12, 26].

### **2.3.3 Rekonstrukce**

#### **Tloušťka rekonstruovaného obrazu**

Udává tloušťku rekonstruované vrstvy. Tloušťka rekonstruovaného obrazu ovlivňuje počet fotonů ve voxelu. Počet fotonů ve vrstvě ovlivňuje kvalitu výsledného obrazu, tedy výskyt šumu. Šum lze definovat: šum je nepřímo úměrný druhé odmocnině počtu fotonů. Tato definice tedy říká, že čím méně fotonů je v rekonstruované vrstvě, tím více šumu bude ve výsledném obraze [4, 12, 26].

#### **MPR = multiplanární rekonstrukce**

Jedná se o nejčastěji používanou 2D rekonstrukční techniku. Ze zdrojových dat lze získat obraz v libovolné rovině a případně posuzovat na monitoru obrazy v několika



rovinách současně. V rutinní diagnostice se využívají jednoduché a rychle zhotovitelné sagitální nebo koronární roviny, které jsou kolmé na axiální rovinu. Dále je možné roviny sklopit dle libovolné struktury, např. tvaru a průběhu cévy, což se využívá například u CTA. Kvalita závisí na šíři kolimace a na míře překrývání axiálních zdrojových řezů. Pokud je překrývání výraznější, tím rychlejší a plynulejší rekonstrukce je. Optimální je překrývání o 50% [4, 12, 26].

### **Povrchové rekonstrukce - SSD, VE**

Prostorové zobrazení se stínováním povrchu objektu připomíná fotografii. Tyto rekonstrukce zobrazují ve zvoleném objemu a rovině voxely s hodnotou vyšší než určený práh. První voxel definované tkáně virtuálně odráží dopadající světlo na svém povrchu, pomocí stínování vznikne prostorový obraz. Definice objektu je v základě dána intervalem denzit. U těchto technik nelze oddělit kontrastem naplněná cévní lumina od kalcifikace či kovových svorek. Při zobrazení zevního povrchu je zobrazení nazýváno SSD (shaded surface display), zobrazení vnitřního povrchu dutého orgánu se nazývá VE (virtuální endoskopie) [12].

### **MIP = maximum intensity projection**

Patří mezi základní 3D rekonstrukce cévního systému. Jedná se o projekci nejvyšších denzit. Tato rekonstrukční metoda zobrazuje na zvoleném objemu a rovině pouze body s nejvýše naměřenou denzitou. Lze tedy lépe odlišit např. kalcifikaci a chirurgické svorky. Protikladem MIP je MinIP (minimum intensity projection). U této techniky je zvolena nejnižší denzita. Tato rekonstrukce se využívá zejména při zobrazení tracheobronchiálního stromu [4, 5, 12].

Při této metodě se zpravidla aplikuje kontrastní látka, aby byla denzita naplněné cévy vyšší než 200 - 250 HU (u CTA).

### **VRT = volume rendering technique**

Jedná se o objemovou 3D rekonstrukční metodu. Jde o hybridní metodu mezi MIP a SSD. Samostatné tkáně se určí intervalově jako SSD a přiřadí se jim v určité barvě zobrazení typu MIP, intenzita barvy odpovídá denzitě zobrazovaného objektu. Jinými slovy lze říci, že tato metoda zachovává zobrazení komplexních anatomických poměrů. Jednotlivým voxelům jsou přiděleny různé stupně sytosti, od téměř úplné transparency až po naprostou neprůhlednost. Případná editační práce bývá náročná [4, 5, 12].

### 2.3.4 Indikace a kontraindikace

U tohoto vyšetření nejsou žádné absolutní kontraindikace, to však platí u nativního vyšetření. Mezi relativní kontraindikace se řadí pouze těhotenství. K indikacím řadíme akutní stavy, jako je trauma, choroby aorty a detailní posouzení kostí a plicní struktury [4, 6, 7, 12, 25, 27].

### 2.3.5 Příprava pacienta a průběh vyšetření

Pacient před samostatným vyšetřením podepisuje informovaný souhlas [13, 25, 27].

#### Příprava pacienta

- **Nativní vyšetření** - u tohoto vyšetření není nutná žádná příprava. Jedná se např. o vyšetření páteře, vedlejších dutin nosních a HRCT plic [12, 25, 27].
- **Vyšetření s aplikací kontrastní látky** - při tomto vyšetření se pacientovi podává kontrastní látka. Kontrastní látka může být podána nitrožilně (i. v.) anebo ve zředěné formě perorálně či dalšími cestami (intraarteriálně, intraartikulárně, intrakavitálně atd.) [12, 25, 27].

**KL podaná nitrožilně** - tak to podaná jodová KL se využívá např. při vyšetření břicha, pánve, hrudníku, krku, srdce, mozku a CTA.

Před vyšetřením je nutné provést u rizikových pacientů protialergickou přípravu. Vyšetřovaný pacient přichází na radiodiagnostické oddělení nalačno (nejméně 4 hodiny), nekouří. K premedikaci dostává např.

Prednison tableta. Prednison 40 mg se užívá 12 - 18 hodin před aplikací kontrastní látky a 20 mg 6 - 9 hodin před aplikací (možno použít i jiný lék s obdobnými účinky). Dále se může podat jednorázově Hydrocortizon, před podáním KL. Premedikace se využívá u lidí, kteří mají alergii na kontrastní látku, nebo jsou jinak nemocní (polyvalentní alergie, astma bronchiale).

Před aplikací KL je pacientovi zavedena kanyla. Po vyšetření pacient vyčkává asi 15 minut v čekárně pro případ, že by se dostavila alergická reakce. Po nezbytné době dojde k vyjmutí kanyly a pacient odchází [12, 34].

**KL podaná perorálně** - tak to podaná KL se využívá při vyšetření trávící trubice. Pacient popije jodovou KL zředěnou vodou (obvykle 500 - 1500 ml během 30 - 120 minut před vyšetřením). Celý objem KL pacient pije

postupně, nikoli najednou. Mezi další KL využívající se pro vyšetření trávicí trubice patří vzduch, manitol, voda [12, 34].

### **Průběh vyšetření**

Vyšetření provádí radiologický asistent pod vedením lékaře. Před vstupem do místnosti, kde se nachází CT přístroj, pacient odloží kovové předměty. Kovové předměty v oblasti zájmu by mohly způsobit artefakty a tím znehodnotit výsledný obraz. Po příchodu do vyšetřovny radiologický asistent uloží pacienta na stůl. Pacient ve většině případů leží na zádech. Po celou dobu vyšetření musí být pacient v klidu a neměl by se hýbat (pohyb znehodnocuje výsledný obraz). Vyšetřovaný může dostat pokyn k nádechu, výdechu, anebo zadržení dechu (tento pokyn bývá již předem nahrán, je součástí jen některých vyšetření). Radiologický asistent s pacientem komunikuje přes mikrofon. Celé vyšetření trvá asi od 5 do 20 minut [27].

### **2.3.6 CTA**

Jedná se o neinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy. Tato metoda vychází z aplikace KL (kontrastní látky) a ze spirální akvizice dat. Tento způsob vyšetření má pouze diagnostický účel. Vyšetřovací metoda CTA je založena na 3D rekonstrukci axiálních skenů [5, 6, 25, 27].

Důležitou podmínkou pro rekonstrukci je přítomnost KL v zobrazované cévě, KL musí být v dostatečném množství. KL se podává zpravidla nitrožilně (i. v.) a snímky se získávají v době, kdy dojde ideálně k největšímu nasycení dané vyšetřované cévy. Cévy se mohou vyšetřovat v různých cirkulačních fázích. Rozlišují se fáze arteriální, kapilární (parenchymová), žilní a portální [5, 6, 25, 27].

**Indikace** - vyšetření CTA je indikováno při diagnostice cévních abnormalit, jako jsou aneurysmata, arteriovenózní malformace, stenózy a uzávěry tepen a žil, embolie atd. Indikací zpravidla není nalezení poruch mikrocirkulace a patologické vaskularizace [5, 25, 27].

**Kontraindikace** - u tohoto vyšetření nejsou žádné absolutní kontraindikace. Avšak mezi relativní kontraindikace se řadí alergie na KL, přesněji na jódovou KL. Mezi další relativní kontraindikace patří hypertyreóza, jaterní a ledvinová insuficience, porušení hematoencefalické bariéry a těhotenství. Při zjištění jakékoli z těchto kontraindikací se doporučuje jiný typ vyšetření (MRI, USG) [5, 27].

**Kontrastní látky** - při vyšetření CTA se využívají neonické jódové KL s vyšší koncentrací jódu (350 - 400 mg/ml). KL je podávána injektorem při rychlosti kolem 4ml/s. Množství KL při vyšetření se pohybuje v rozmezí od 60 do 150 ml [5, 6, 27].

**Cirkulační čas** - jedná se o dobu, kdy KL doputuje do oblasti zájmu. Podle cirkulačního času v oblasti zájmu volíme zahájení expozice. Nejčastěji je volena technika bolus - timing nebo bolus - tracking [5].

- **Bolus - timing (testování bolusu)** - pro určení cirkulačního času se podává malý bolus KL (to znamená, že se podá jednorázová dávka KL) průtokem, který bude použit pro vlastní vyšetření. Díky použití nízkodávkových skenů v jediném místě se zjistí časový rozvoj denzity ve sledované oblasti zájmu (ROI). Po zjištění doby maximálního vzestupu denzity se určuje cirkulační čas pro akvizici. Nevýhodou této techniky je zvýšení dávky použité KL a nepřesnosti ve stanovení cirkulačního času. Při podání většího objemu KL, byť stejným průtokem, dochází ke změně cirkulačních parametrů [5].
- **Bolus - tracking (monitorování bolusu)** - jedná se o sledování vývoje denzity při podání bolusu KL v rámci vlastního vyšetření. Na plánovacím skenu se určí úroveň monitorování a volí se požadovaná oblast zájmu. Do této oblasti zájmu se umísťuje vzorkovací objem a stanovuje se požadovaná prahová denzita. Po dosažení určené denzity se automaticky spustí skenování [5].

**Rekonstrukce** - Pro rekonstrukci u CTA vyšetření se využívají MPR, MIP a VRT rekonstrukční metody. Tyto metody jsou probrány již u vyšetření CT [5, 6].

**Výhoda CTA** - možnost sledování výsledného obrazu v jakékoli projekci. Jedná se tedy o výhodu, která se využívá při diagnostice anatomicky komplikovaných cévních nálezů. Tato metoda má zpravidla lepší prostorovou rozlišovací schopnost na rozdíl od MRI [5, 6].

**Nevýhoda CTA** - ve srovnání s MRI je významnou nevýhodou přítomnost IZ a nutnost použití KL [5, 6].

**Příprava pacienta a průběh vyšetření** - Příprava pacienta i průběh vyšetření jsou zcela stejná jako u vyšetření CT pomocí KL, která je podána nitrožilně (i. v.) [5, 27].

## 2.4 MRI

Počátky magnetické rezonance se začaly psát již v roce 1920, kdy byl předpovězen jev MRI na základě teoretických úvah. Objev NMR v roce 1952 dokonali dva vědci Edward Mills Purcell a Felix Bloch, když prováděli pokusy se vzorky pevných látek a kapalin. Za svůj přínos vědě jim byla udělena Nobelova cena. Již o rok později, tedy v roce 1953 byl sestrojen první přístroj využívající magnetickou rezonanci, tento stroj však nebyl využíván pro lékařské účely. V 60. letech 20. století byla využita Fourierova transformace, to mělo za následek zvýšenou citlivost této techniky. Samotná magnetická rezonance se začala využívat v 70. letech 20. století, kdy se uplatnila v medicíně a stala se nenahraditelnou součástí komplexu zobrazovacích metod, které využívá moderní lékařská věda [4, 6, 9, 30].

Magnetická rezonance je odnoží klasické nukleární magnetické rezonance, jedná se o metodu založenou na rozdílných magnetických vlastnostech atomových jader různých prvků. Jedná se o neinvazivní vyšetřovací metodu [4, 6, 9, 30].

### 2.4.1 Princip

Magnetická rezonance není založena na principu IZ (ionizujícího záření), ale na principu zjišťování změn magnetických momentů skupin jader prvků s lichým protonovým číslem, uložených v silném statickém magnetickém poli, po aplikaci radiofrekvenčních pulzů. Atomová jádra se skládají z nukleonů (protony a neutrony). Protony neustále rotují kolem své osy a vytvářejí ve své blízkosti magnetické pole - tzv. magnetický moment. Prvky, které mají jádra s lichým nukleonovým číslem, mají jeden nukleon nepárový. Nepárový nukleon zajišťuje jádru magnetický moment. Mezi tyto prvky patří například  $^1\text{H}$ . Atom vodíku se skládá z jediného protonu, je součástí molekuly vody a v živé tkáni tedy velmi rozšířen a využíván při MRI diagnostice [4, 6, 9, 29, 30].

Pokud vložíme vyšetřovanou tkáň do silného zevního magnetického pole, nastane uspořádání spinů do jednoho směru (ve skutečnosti se jedná o dva opačné směry, ale jeden z nich převažuje, to znamená, že výsledný magnetický moment je v jednom směru). V takovém stavu koná magnetický moment dva pohyby, rotuje kolem své osy (spin) a po povrchu pomyslného kužele, tento pohyb se označuje jako precese. Když se v tuto chvíli aplikuje radiofrekvenční pulz (jedná se o elektromagnetické vlnění v pásmu rozhlasových krátkých vln) o frekvenci, která závisí na síle zevního magnetického pole a je

shodná s frekvencí precese protonu, dochází na principu rezonance k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a také k synchronizaci precese všech protonů. Při ukončení pulzu dojde postupně k návratu do předešlého stavu (původního stavu). Čas, za který k tomu to jevu dojde, se nazývá relaxační čas. Čas, který je potřeba k návratu vychýleného magnetického momentu nazýváme relaxační čas  $T_1$  a „rozsynchronizování“ precese se nazývá relaxační čas  $T_2$ . Oba tyto časy jsou závislé především na složení hmoty v okolí zkoumaných protonů. Pro měření těchto časů se využívá porovnávání jejich rozdílů. Signál, který se získá po sérii různých radiofrekvenčních pulzů, má stejný charakter – jedná se o elektromagnetické vlnění, které lze registrovat pomocí přijímacích cívek a měřit jeho velikost. Série radiofrekvenčních pulzů nutná k získání měřitelného signálu nazýváme sekvenční. K vysílání a přijímání signálů, je používána stejná, nebo různé cívky. Pro získání nejkvalitnějších obrazů musí být přijímací cívka co uložena nejbližší k oblasti zájmu, tedy vyšetřované oblasti - proto se využívají různé přijímací cívky pro různé části těla [4, 6, 9, 29, 30].

Rezonanční frekvence protonů závisí na intenzitě zevního magnetického pole. Po upravení tohoto pole pomocí gradientních cívek, mohou být získány informace o místě, ze kterého signál pochází [4, 6, 9, 29, 30].

#### **2.4.2 Tvorba MRI obrazu**

Kvalita zobrazení závisí především na výběru vrstvy a kódování prostorových Souřadnic. Volbu roviny ovládají gradientní cívky (v závislosti na Larmorově frekvenci), ovlivňují magnetické momenty do rovin x, y a z. Cívky dále ovlivňují šířku vrstvy. K šifrování trojrozměrných souřadnic dochází ve vodorovném směru nebo v trajektorii spirály. Rekonstrukce je náročný proces, který funguje na úrovni vysoké matematiky. Důležitým článkem rekonstrukce je Fourierova transformace, v tomto procesu dochází ke změně signálu z 3D prostoru lidského těla do 2D obrazu. Plocha, ve které se shromažďují signály z provedeného vyšetření, se nazývá K - prostor. Uprostřed této plochy je síla signálu vyšší, než v oblastech periferie. Při vyšetření, kde se využívají moderní metody, dochází k vynulování signálu v periferních oblastech. Díky tomuto kroku se zkrátí doba rekonstrukce a tvorby obrazu. Výsledná kvalita obrazu se hodnotí pomocí kontrastu a prostorového rozlišení detailů. Konečný obraz je ovlivněn vnitřními a vnějšími podmínkami [4, 9, 29].

### Vnitřní podmínky

- **Spinová hustota** - jedná se o množství  $^1\text{H}$  v jednotce objemu. Protony vodíku nalezneme hlavně ve vodě, tucích a hydratovaných bílkovinách. Čím vyšší hodnota protonů vodíků, tím je vyšší intenzita signálu. Jejich počet je ovlivňován silou statického magnetického pole. Pokud je síla statického magnetického pole větší, dochází k aktivaci většího množství protonů vodíku [4].
- **Magnetická susceptibilita** - jde o dovednost struktury stát se magnetickou. Materiály obsahující nepárové elektrony v obalu mají kladnou susceptibilitu (feromagnetické a paramagnetické látky). Látky vytvářející stálé magnetické pole se nazývají feromagnetické. Paramagnetické látky vytvářejí pouze dočasné magnetické pole, dochází k magnetizaci tkáně (metabolity krve, železo, mangan, gadolinium). Látky, které mají v obalu sudý počet elektronů, se nazývají diamagnetické a nevytvářejí magnetické pole [4].
- **Relaxační časy** - tyto časy jsou u různých typů tkání odlišné. Látky s delším relaxačním časem (fluidní tkáně) obsahují malé molekuly vody. Naopak látky s kratším relaxačním časem obsahují makromolekuly. Čas rotace ovlivňují nespárované nukleony, jde především o vodík. Nespárované nukleony vody mají delší čas rotace a nespárované nukleony makromolekul mají kratší čas rotace. Mezi tyto látky řadíme tkáně s vyšším obsahem tuku nebo proteinů [4].

### Vnější podmínky

- **TR a TE** - tyto hodnoty lze měnit, docílíme tak možnosti měnit sílu signálu a náběr dat [4, 9].
- **Velikost statického magnetického pole** - síla signálu stoupá s druhou mocninou velikosti statického magnetického pole, zároveň však stoupá i velikost šumu (lineárně). Čím vyšší je homogenita statického magnetického pole, tím je vyšší kvalita obrazu [4].
- **Šířka matice a velikost matice** - lepšímu rozlišení obrazu je určena slabá šířka vrstvy. Avšak slabá šířka vrstvy vede také k velkému šumu. Obecně se proto využívají vrstvy široké 5 - 6 mm. MRI obraz je složen z pixelů a voxelů, stejně jako obraz na CT. Teoreticky lze říci - čím menší objem voxelů, tím detailnější obraz.

Zároveň však vzrůstá šum, který snižuje kvalitu obrazu. Nastává špatný poměr mezi signálem a šumem [4].

**ŠUM** - je tvořen při vyšetření elektrickými mikroproudy z celého lidského těla, až na zkoumanou oblast. K vytvoření šumu také přispívají tepelné proudy z okolí [4].

- **Počet excitací** - vyšší počet excitací způsobí lepší kvalitu obrazu, dojde však k navýšení doby, která je nutná k vyšetření [4].

### 2.4.3 Sekvence

Mezi základní sekvence, které se využívají u všech přístrojů, patří tzv. spin-echo (SE) sekvence. Dále se využívají sekvence inversion recovery (IR) a gradientní echa (GE).

**Spin-echo sekvence** - do této skupiny sekvencí řadíme T1 vážený obraz, T2 vážený obraz a proton denzitní obrazy (PD) [4, 7, 9, 29].

Dílčí struktury mají odlišné T1 a T2 časy a zároveň i rozdíly v síle signálu. Tyto rozdíly se na obraze projeví odlišnými stupni šedi. Tmavé tkáně nazýváme hyposignální nebo též hypointenzní, světlé tkáně hypersignální či hyperintenzní. Tkáně, které nemají žádný signál, mají černou barvu a nazývají se asignální [4, 7, 9, 29].

Při využití těchto sekvencí dochází nejprve k vychýlení protonů o  $90^\circ$ , což způsobí radiofrekvenční impuls. V čase, kdy zanikne příčná magnetizace a dojde k rozfázování, dochází k vysílání dalšího impulsu. Tento impuls způsobí vychýlení magnetického momentu protonů o  $180^\circ$  (antiparalelní postavení). Při aplikaci  $90$  a  $180$  stupňů se využívá poloviční excitační čas, který se započítává do konečného TE (time to echo). Čas mezi impulzy označujeme jako TR (time to repeat) [4, 7, 9, 29].

- **T1 vážený obraz** - na tomto obraze je tekutina (likvor, moč, žluč) tmavá (hyposignální), naopak tuk je zobrazen bílou barvou (hypersignální). Mozek, jakožto solidní tkáň je zobrazen světlejším odstínem šedi (lehce hypersignální). Zvápenatění, kompakta a proudící krev jsou asignální. Hodnoty TE a TR lze měnit. Pokud se změní (zkrátí) TR čas, signál bude intenzivnější. Při použití KL dochází ke zkrácení TR času, kontrastem sytící se tkáně jsou tedy hyperintenzní. Obecně lze říci, že při použití T1 sekvence zobrazujeme anatomii (solidní tkáně jsou světlejší než tekutiny) [4, 7, 9, 29].



- **T2 vážený obraz** - po pořízení této sekvence je na výsledném obraze tekutina bílá (hypersignální), naopak solidní tkáně jsou tmavé (hyposignální). Tuk je zobrazen šedou barvou (izo- či hypersignální), zvěpenatění, proudící krev a kompakta jsou asignální. I u této sekvence lze měnit TE a TR. Pokud se prodlouží TR čas, dojde k výraznému zesílení signálu vody. Obecně lze říci, že při použití T2 sekvence, jsou tkáňové patologické ložiskové změny často hypersignální, dojde k zobrazení počínající fáze patologického průběhu. Snižuje se schopnost při posuzování anatomické stavby [4, 7, 9, 29].
- **PD - proton denzitní obrazy** - tyto obrazy jsou součástí T2 sekvence. Mají kratší TE, ale delší TR čas. Hodnota obrazů závisí na počtu protonů  $^1\text{H}$  ve tkáních. Na výsledném obraze je tekutina zobrazena tmavě šedou barvou (tkáně s vyšším obsahem  $\text{H}_2\text{O}$  jsou tmavší, než ostatní tkáně). Tato sekvence se využívá hlavně při zobrazení muskuloskeletálního systému [4, 7, 9, 29].

**Inversion recovery (IR)** - jedná se o zvýraznění T1 obrazu. Při využití této sekvence dochází ke zvýšení podélné magnetizace, dále se používá opačný postup excitace. Nejprve je použit impuls, který vychýlí protony o  $180^\circ$ . Další impuls vychýlí protony o dalších  $90^\circ$ . Dobu mezi impulzy nazýváme inversion time. K využití těchto sekvencí dochází tehdy, když v diagnostice potřebujeme potlačit signál specifických struktur (voda, tuk). Potlačené tkáně jsou poté asignální. Patří sem sekvence STIR a FLAIR [4, 9, 29].

- **STIR (short tau inversion recovery)** - při použití této sekvence dochází k potlačení tuku. Využívá se např. při vyšetření páteře a kloubů [4, 9, 29].
- **FLAIR (fluid attenuated inversion recovery)** - použitím této sekvence dojde k potlačení signálu vody. Využívá se především při diagnostice roztroušené sklerózy mozkomíšní [4, 9, 29].

**Gradientní echa (GE)** - jedná se o tzv. rychlé sekvence. Při těchto sekvencích je vychylovací stupeň pouze  $10 - 50^\circ$ . Podélná magnetizace není zcela ztlumena, a proto se dají využít další rychlé pulzy. Upotřebením cívky docílíme toho, že magnetické pole cívky se přidá k prvotnímu statickému magnetickému poli. Larmorova frekvence se nachází pouze ve vyšetřované oblasti. Čas vyšetření se zkracuje až na jednotky sekund [4, 9, 29].

- **Multi slice sekvence** - je pořízeno více řezů najednou. Správné poskládání excitací využíváme při čekání v TR čase ke snímání signálů z vedlejších řezů. Tkáně těchto

řezů byly excitovány již dříve. Využití při zobrazení žlučových a pankreatických cest [4, 9, 29].

- **Single shot sekvence** - jedná se o rychlé sekvence, při kterých je využita pouze jedna excitace. Využití např. při vyšetření srdce při MRI myelografii [4, 9, 29].

#### **2.4.4 Indikace a kontraindikace**

K nejčastějším indikacím patří zobrazení páteře, míchy a mozku. Dále jsou zde řazeny poruchy muskuloskeletálního systému, zobrazení pánve, břicha, hrudníku a krku. Důvodem je především excelentní tkáňový kontrast i bez aplikace kontrastní látky. Metodou MRI se vyhledává především přítomnost ložiskových lézí a tumorů [4, 6, 28, 29].

Mezi absolutní kontraindikace patří přítomnost kardiostimulátoru, defibrilátoru, neurostimulátoru, inzulinové pumpy, kochleární implantáty, dále je zde zahrnuto cizí těleso v oku (za striktně daných okolností neplatí pro MRI kompatibilní zařízení). Do relativních kontraindikací řadíme přítomnost feromagnetických materiálů v těle (hrozí zahřátí a možný posun, dále tyto materiály způsobují artefakty), klaustrofobie a těhotenství.

V době těhotenství se obecně nedoporučuje provádět toto vyšetření v prvním trimestru. Nedoporučuje se to i přes to, že dosud nebyly prokázány žádné vedlejší účinky radiofrekvenčních pulzů a magnetických polí v intenzitách používaných při tomto vyšetření [4, 6, 28, 29].

#### **2.4.5 Příprava pacienta a průběh vyšetření**

##### **Příprava pacienta**

Před tímto vyšetřením není nutná žádná příprava. Před podáním KL (nitrožilně), nemusí pacient dorazit na radiodiagnostické oddělení lačný. U osob trpících klaustrofobií se může podat slabé sedativum. Je však doporučená doprovázející osoba, pacient po podání sedativa nesmí řídit motorová vozidla a vykonávat úkony vyžadující pozornost [4, 28, 29].

##### **Průběh vyšetření**

Vyšetření provádí radiologický asistent. Před vstupem do vyšetřovny si pacient odloží veškeré kovové předměty v kabině. Ještě před příchodem do místnosti, kde se nachází MRI přístroj, dostane pacient chrániče sluchu (kvůli velkému hluku, který doprovází vyšetření). Poté je vyšetřovaný položen na stůl, umístěny a zapojeny jsou zvolené vyšetřovací cívky a začíná samotné vyšetřování. Vyšetřovaný by měl ležet

pohodlně, po celou dobu musí ležet nehybně. Celé vyšetření trvá od 20 do 50 minut [4, 28, 29].

#### 2.4.6 MRA

Pomocí MRA zobrazujeme cévy, tedy tepny i žíly. Tato metoda se obecně dělí na nativní (bez použití KL) a kontrastní [3, 4, 5, 6, 9, 29 ].

**Nativní MRA** - u tohoto vyšetření využíváme speciální sekvence, které zaznamenávají útvary, které se nepohybují (tekoucí krev). Mezi nejvýznamnější sekvence patří TOF a PC.

- **TOF (time of flight)** - jedná se o postup gradientního echa. Tato sekvence využívá principu, kdy na proudící krev v oblasti zájmu vyšleme několik po sobě jdoucích pulzů. Částice nepohybující se tkáně jsou excitované prvotním pulzem, to má za následek, že se tyto tkáně nestačí zcela relaxovat do dalšího pulzu. Nedojde tak k jejich vybuzení a poskytují slabý signál. Naopak krev, která do sledované oblasti stále přitéká, nebyla prvotním pulzem excitována. To má za následek, že vyslaný pulz tekoucí krev vybudí a krev tak poskytuje silný signál.

Slabinou této sekvence jsou turbulentní (vyskytují se právě ve vaku AN) a pomalé toky [4, 5, 9].

- **PC (phase contrast)** - tato metoda funguje na rozdílu fáze stacionárních a pohybujících se spinů, je tedy vyobrazen jen pohyb (tok krve, nezáleží na směru). Tato sekvence zcela potlačuje signál neměnicí se tkáně. Aby tato sekvence byla provedena správně, je potřeba nastavit rychlost měřeného toku (venc - velocity encoding), aspoň přibližně. Využívá se např. při určení směru toku, arteriovenózní malformace, trombotických uzávěrů, objemové kalkulace a odlišení subakutního trombu od toku [4, 5, 9].

**Kontrastní MRA** - při této metodě se aplikuje KL, která je paramagnetická a podává se intravenózně pomocí tlakové stříkačky. Využívá se sekvence CE MRA [4, 5, 6, 9, 29, 35].

- **CE MRA (contrast enhanced MRA)** - mezi hlavní priority při tomto vyšetření patří správné načasování spuštění skenování při vstupu KL do oblasti, kterou vyšetřujeme. Na kvalitu výsledného obrazu má vliv fyziologie krevního tlaku. V tepnách se vyskytují dva typy proudění, laminární a turbulentní. Laminární

proudění nastává uprostřed cévy (je rychlejší a souměrné). K turbulentnímu proudění dochází u stěn cév (je pomalejší a nesouměrné), dále například v místě větvení cév, v oblastech stenóz nebo naopak patologických rozšíření. Síla signálu v laminárním proudění je značně vyšší, než v proudění turbulentním. Tento rozdíl může být původem problémů v oblasti diagnostiky (jeví se jako pseudostenózy, pseudotromby v okolí stěny). KL zkracuje T1 relaxaci proudící krve. Tato krev je původcem silného signálu. Využívá se T1 sekvence ve 3D zobrazení [4, 5, 6, 9, 39, 35].

## 2.5 Kontrastní látky

Tyto látky se podávají do pacientova těla přímo nebo nepřímo. Přímá aplikace slouží např. při vyšetření cév, trávicí trubice. Nepřímá aplikace se využívá např. při zobrazení vývodných močových cest po intravazálním podání [2, 4, 6, 34, 35].

### 2.5.1 Kontrastní látky pro rentgenové vyšetření

Jejich užitím dochází ke zvýšení rozdílů v absorpci rentgenového záření, lze tedy zobrazit tkáně, které nejsou před použitím KL rozlišitelné. Látky zvyšující absorpci se nazývají pozitivní kontrastní látky, na opačném principu fungují látky nazývané negativní kontrastní látky [2, 6].

**Pozitivní kontrastní látky** - jinak známé také jako hyperdenzní kontrastní látky. Mezi pozitivní KL řadíme baryové a jodové kontrastní látky [2, 6].

- **Baryové kontrastní látky** - tyto látky se využívají při vyšetření trávicí trubice a aplikují se perorálně ve formě suspenze. Základem je síran barnatý (nerozpustný ve vodě, netoxický), mezi další složky patří stabilizátory (upravují usazování barya a brání jeho vložkování) a chuťová korigencia (zlepšují chuť). Při skladování těchto KL se nedodržují zvláštní pravidla. KL chráníme před světlem a teplota by se měla pohybovat od 15 do 20 °C. Při požití této KL se dají předpokládat nulové vedlejší reakce, nemůže však dojít k proniknutí mimo trávicí trubici. Pokud by došlo k proniknutí KL mimo trávicí trubici, např. do plic nebo do dutiny břišní, může dojít k zánětu anebo chronickým adhezivním změnám. Při podezření na porušení trávicí trubice se proto využívá jodová KL podaná perorálně. Baryové kontrastní látky se

využívají samostatně, nebo v dnešní době současně s negativní KL (vzduch, CO<sub>2</sub>). Jedná se o tzv. vyšetření dvojím kontrastem. Mezi nepoužívanější přípravky patří Micropaque a Prontobario, prodávají se v umělohmotných nádobách [2, 6].

- **Jodové kontrastní látky** - podstatou KL je benzoové jádro, ke kterému jsou připojeny tři atomy jodu. Tyto látky se dělí na pevné, olejové a rozpustné ve vodě. Pevné a olejové kontrastní látky se využívaly spíše v minulosti. Pevné KL se dříve využívaly k zobrazení žlučníku, byla podávána perorálně. Olejové jodové KL se dříve používaly při lymfografii nebo silografii. Dnes mají využití při značení embolizačního materiálu. KL rozpustné ve vodě jsou v současné době nejrozšířenější a nejdůležitější skupinou ze všech KL, mají však riziko výskytu vedlejších reakcí. Aplikují se intravenózně pomocí kanyly. Dále se tyto KL dělí na nefrotropní (vylučují se ledvinami) a hepatotropní (vylučují se játry) [2, 6, 34].  
Vedlejší reakce - můžeme rozdělit podle několika kritérií na: 1, akutní a pozdní; 2, lehké, střední a těžké; 3, alergoidní a chemotoxické [2, 6, 34].

Prevence - Před samostatnou aplikací KL, je pacientovi odebrána alergická anamnéza. Pacient musí před vyšetřením dostatečně hydratovat, avšak 4 hodiny před výkonem přijímá pouze cca 100 ml tekutin za hodinu. Po celou dobu aplikace musí mít pacient zpřístupněnou periferní žílu [2, 6, 34].

Kontraindikace - řadíme sem závažnou alergii, tyreotoxikózu, poruchu ledvin, léčbu nebo vyšetření pomocí radioaktivních izotopů jodu [2, 6, 34].

**Negativní kontrastní látky** - také známé jako hypodenzní kontrastní látky. Mezi tyto KL řadíme CO<sub>2</sub> a vzduch. V dnešní době se tyto látky využívají zpravidla při vyšetření pomocí dvojího kontrastu, spolu s pozitivní KL. Využívají se při vyšetření trávicí trubice. Pozitivní KL vytvoří povlak na stěně trávicí trubice a negativní KL způsobí rozšíření vyšetřované oblasti a zároveň ji vyplní [2, 6].

**Izodenzní kontrastní látky** - mezi tyto kontrastní látky řadíme vodu [2, 6].

### 2.5.2 Kontrastní látky pro CT

Při CT vyšetření se využívají jodové kontrastní látky [2, 6].

### 2.5.3 Kontrastní látky pro MRI

Základem těchto kontrastních látek je vzácná zemina gadolinium. Gadolinium zvyšuje sílu signálu, protože dochází ke změně magnetických poměrů v blízkém okolí. Dochází tedy ke zkrácení relaxačního času T1 (projeví se jako bílý stín). U T2 sekvence nemá aplikovaná KL téměř žádný vliv. Tyto KL jsou vylučovány ledvinami. Při vyšetření jater, sleziny, lymfatických uzlin a kostní dřeně lze využít speciální KL. Např. u vyšetření jater se hepatotropní KL váže na jaterní buňky. Díky tomu lze rozlišit děje, které obsahují nebo neobsahují tyto buňky. Vedlejší reakce u těchto KL jsou méně časté než u jodových KL (1:105 – 505 případů). Aplikuje se pomocí kanyly intravenózně. Mezi další používané kontrastní látky při tomto vyšetření patří - supermagnetické KL (SPIO - supermagnetic iron oxid), voda a mannitol (sacharid). Supermagnetické KL patří mezi moderní KL a jejich základem je oxid železa. Částečně pronikají intracelulárně, protože se jedná o mikročástice [2, 4, 6, 35].

### **3 CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je porovnání vyšetřovacích metod při diagnostice aneurysmat mozku. K porovnání daných metod posloužily počty vyšetření a ekonomická stránka těchto vyšetření. Dále je v práci poukázáno na radiační zátěž při CT a CTA vyšetření. Pro porovnání těchto metod byla použita data pacientů z Ústřední vojenské nemocnice - Vojenské fakultní nemocnice v Praze a Fakultní nemocnice Motol v období 2007 - 2017.

## 4 METODIKA

Na základě nasbíraných dat z Ústřední vojenské nemocnice - vojenské fakultní nemocnice v Praze a Fakultní nemocnice Motol v daném období, byla vytvořena anonymizovaná tabulka pacientů. Pomocí této tabulky byly následně procházeny elektronické záznamy vybraných pacientů v nemocniční databázi a dále sbírána potřebná data pro vypracování této práce. Celkem z obou nemocnic bylo nalezeno 81 lidí, z toho 72 z ÚVN (Ústřední vojenská nemocnice - vojenské fakultní nemocnice v Praze) a 9 z FNM (Fakultní nemocnice Motol). Všichni tito pacienti měli prokázané aneurysma mozkové tepny a byli dále léčeni nebo pozorováni. U těchto vybraných jedinců byly hlavním předmětem zkoumání: počet diagnostických vyšetření, radiační zátěž při CT, CTA, MRI a MRA vyšetření a dále bylo poukázáno na ekonomickou náročnost těchto využívaných metod.

Pro řešení radiační zátěže, bylo nutné stanovit si veličinu, která bude u těchto dvou modalit porovnatelná. Byla proto zvolena efektivní dávka. Materiály potřebné pro výpočet radiační zátěže, přesněji radiační dávky, byly získány z dose reportu. Dose report je součástí každého CT a CTA vyšetření (obrazová dokumentace). Dose report byl hledán v elektronickém nemocničním systému ve dvou již zmíněných nemocnicích. Tato vyšetření se prováděla na těchto přístrojích: v ÚVN - Toshiba Aquilion One a Siemens Somatom Sensation, FNM - Aquilion One Next Generation, Aquilion Prime, Aquilion 64 vše od firmy Toshiba a Somatom Definition, Dual Source od firmy Siemens. Po získání potřebných veličin, byly tyto veličiny zapsány do tabulky a dále zpracovány.

Pro porovnání počtu diagnostických vyšetření, byla využita již zmíněná tabulka pacientů, kde je u každého pacienta vypsán počet vyšetření jednotlivých modalit.

K zhodnocení ekonomické náročnosti byl použit bodový systém, který určuje ohodnocení zdravotnického výkonu, použitých kontrastních látek a dalších zúčtovatelných materiálů.



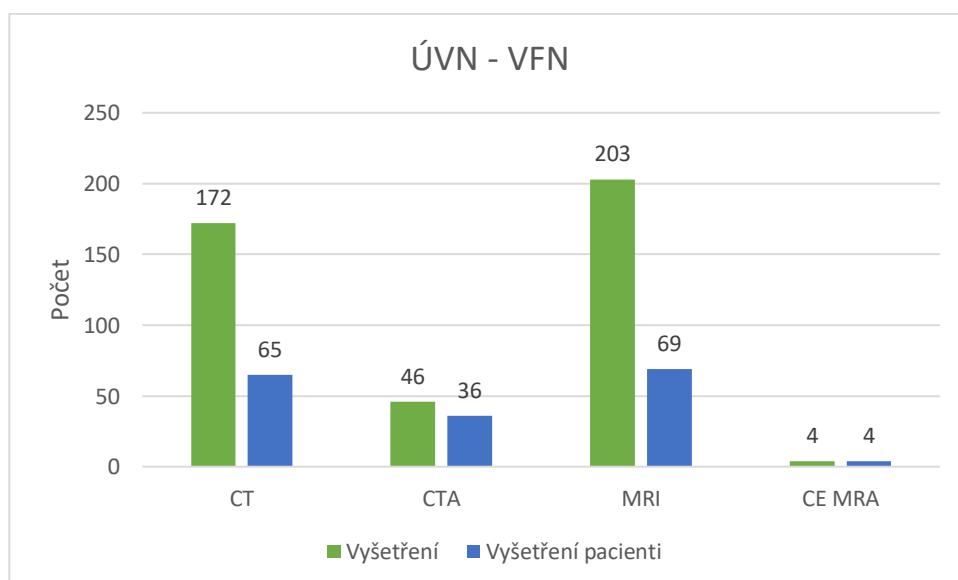
## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Počet vyšetření

Do této části byli zahrnuti všichni pacienti z obou nemocnic. Z ÚVN bylo zahrnuto 72 pacientů a z FNM 9 lidí, celkově bylo pracováno s daty od 81 pacientů. Věk pacientů se pohyboval od 6 měsíců do 84 let. Věkový průměr činil 56 let. Jednalo se celkem o 55 žen a 26 mužů. K vyhodnocení této části vlastní práce jsou použity grafy, v kterých je vidět přesný počet vyšetření.

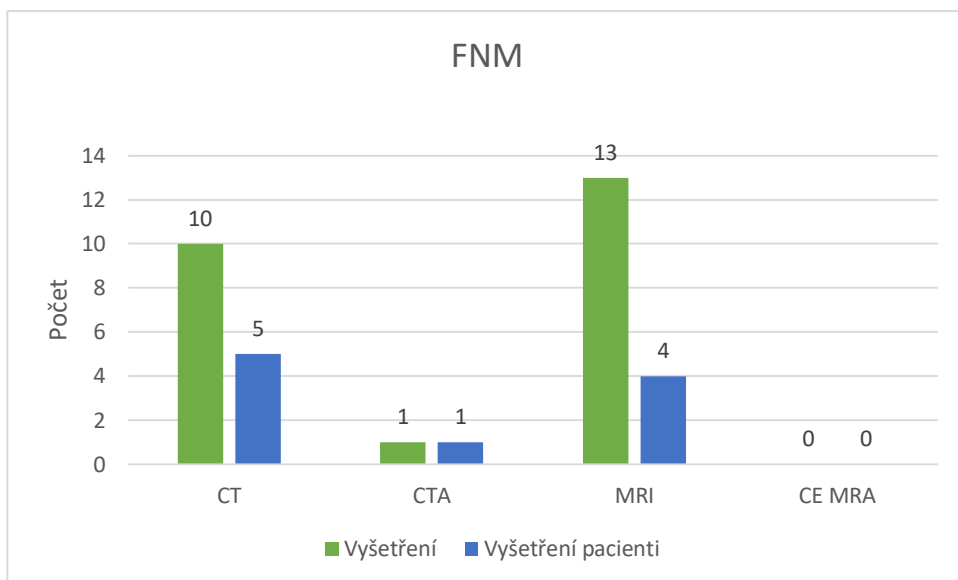
#### Využití jednotlivých vyšetřovacích metod

Smyslem tohoto bodu bylo zjistit, jaká vyšetřovací metoda je nejvíce využívána při diagnostice aneurysmatu mozkových tepen.



**Obrázek 1** Graf - Využití jednotlivých vyšetřovacích metod v ÚVN - VFN

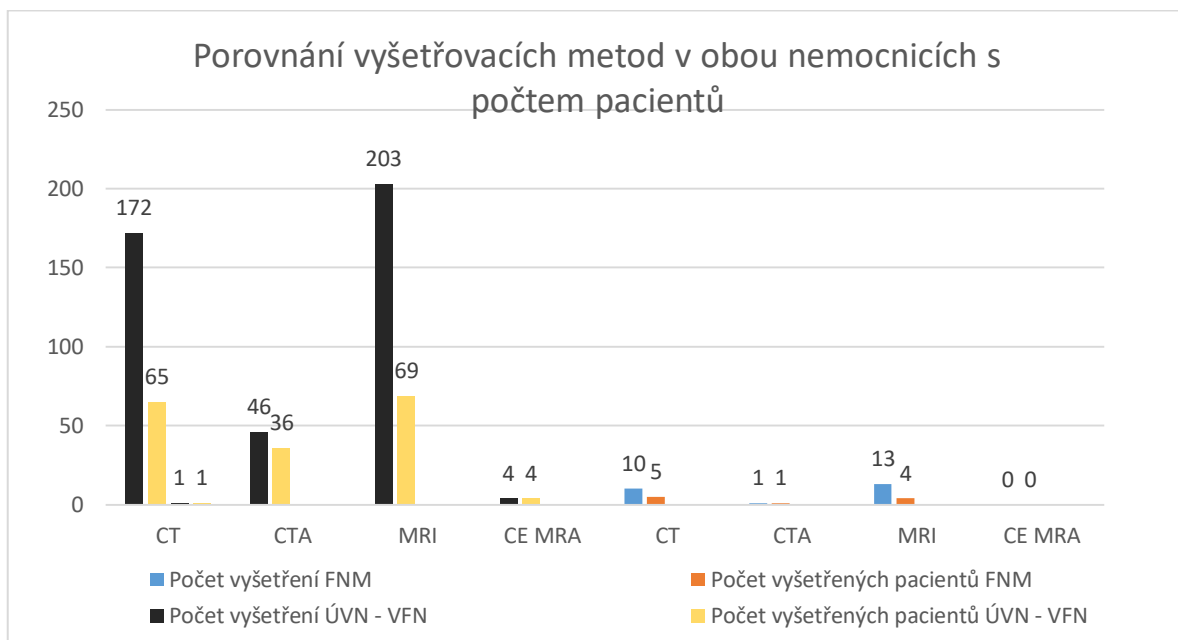
Jak je z grafu patrné, nejvíce využívanou metodou v počtu vyšetření v ÚVN je MRI (spadá sem i MR angiografie bez podání kontrastní látky - TOF MRA), dále využívanou metodou je CT, CTA a nejméně využívanou metodou je CE MRA (MR angiografie s podáním kontrastní látky). MRI byla využita u 69 pacientů a provedlo se 203 vyšetření. CT vyšetření podstoupilo 65 pacientů a provedlo se 172 vyšetření. CTA vyšetření bylo využito u 36 pacientů a provedlo se 46 vyšetření. CE MRA metoda byla využita u 4 pacientů, u každého pacienta se provedlo jediné vyšetření. Pomocí těchto dat je patrné, že všechna vyšetření kromě CTA podstoupili někteří pacienti opakovaně.



**Obrázek 2** Graf - Využití jednotlivých vyšetřovacích metod ve FNM

V grafu zabývající se FNM jsou výsledky podobné jako u ÚVN. Nejvíce se využívala metoda MRI, poté CT, CT a CE MRA vyšetřovací metoda nebyla využita ani jednou. MRI metoda byla provedena u 4 pacientů a provedlo se 13 vyšetření. CT vyšetření bylo využito u 5 pacientů a provedlo se 10 vyšetření. CT metodu podstoupil 1 pacient a provedlo se jediné vyšetření. CE MRA metoda nebyla využita ani jednou.

### Porovnání obou nemocnic ve využití vyšetřovacích metod

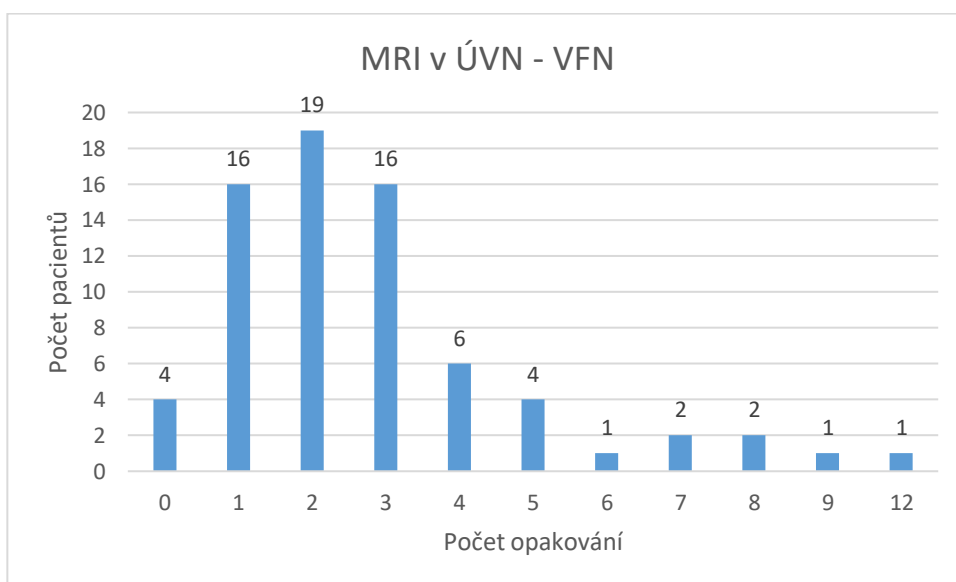


**Obrázek 3** Graf - Porovnání ÚVN - VFN a FNM ve využití vyšetřovacích metod

Z grafu lze vyčíst, že v ÚVN bylo provedeno více vyšetření, než ve FNM. I přes tuto skutečnost byla nejvíce využívanou metodou MRI, dále CT, CTA a nejméně využívanou metodu patří CE MRA. V celkovém pohledu bylo provedeno 216 vyšetření u 73 pacientů při MRI. Při CT bylo vyšetřeno 70 pacientů a provedeno bylo 182 vyšetření. Při CTA metodě bylo provedeno 47 vyšetření u 37 pacientů. CE MRA metoda byla použita pouze v ÚVN u 4 pacientů a provedla se 4 vyšetření.

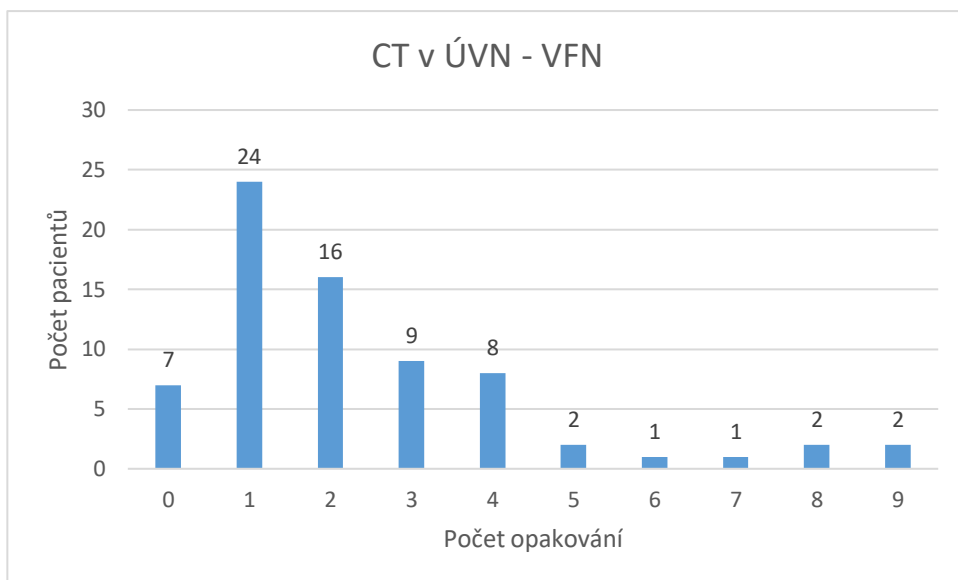
### Četnost jednotlivých vyšetření

Tímto bodem je poukázáno na skutečnost, že u jednoho pacienta se některá vyšetření i mnohonásobně opakují. Opakování vyšetření není z důvodu chyby v průběhu daného procesu. Je to následek pozorování stavu pacienta před operací, po operaci, nebo jen pozorování aneurysmatu, zda nedochází k jeho změně.



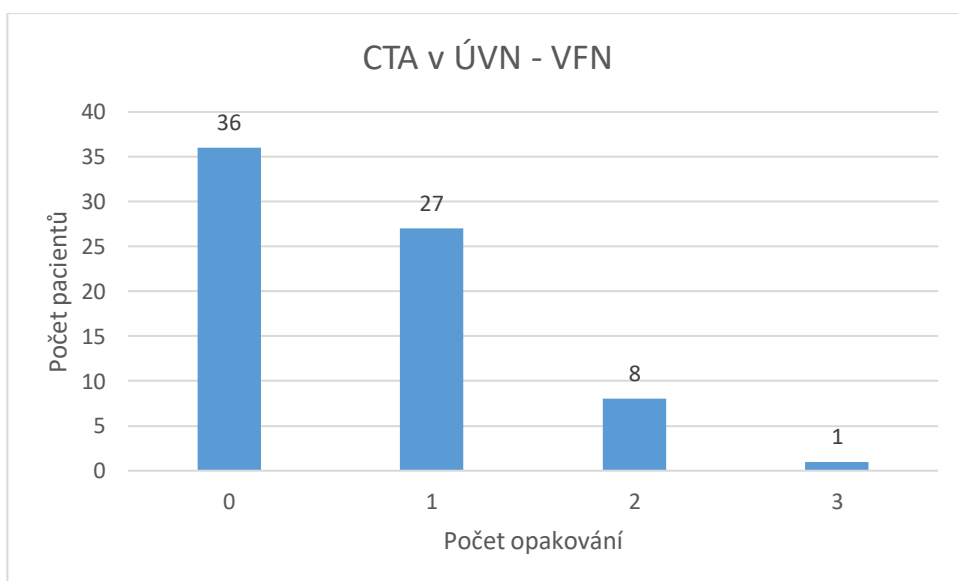
**Obrázek 4** Graf - Četnost MRI vyšetření v ÚVN - VFN

Z grafu lze vyčíst, že v této nemocnici 4 pacienti toto vyšetření nepodstoupili. Tuto metodu vyšetření podstoupilo 68 pacientů. Na každého pacienta připadají průměrně 3 vyšetření pomocí MRI. Počet opakování je v rozmezí od 1 do 12. Nejvíce pacientů podstoupilo toto vyšetření 2, jednalo se o 19 pacientů. Dvanácti vyšetření byl podroben pouze jeden pacient.



**Obrázek 5** Graf - Četnost CT vyšetření v ÚVN - VFN

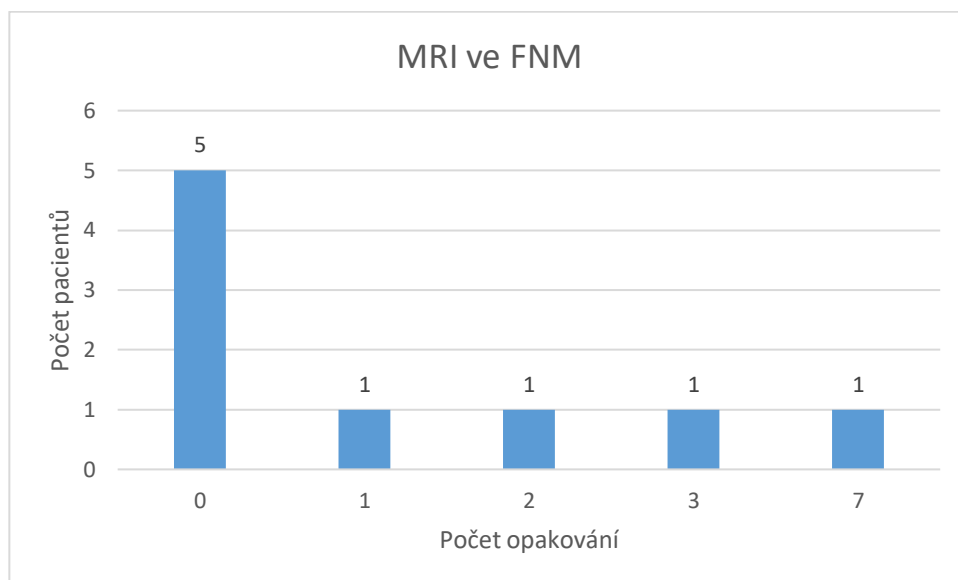
V dané nemocnici se CT vyšetření nepodrobilo 7 pacientů. Toto vyšetření absolvovalo 65 pacientů. Průměrný počet vyšetření u jednoho pacienta jsou 3. Z grafu je patrné, že rozmezí v počtu opakování tohoto vyšetření je od 1 do 9. Nejvíce pacientů bylo vyšetřeno pouze jednou a jednalo se o 24 pacientů. Největší četnost vyšetření při této metodě měli 2 pacienti, jednalo se o 9 CT vyšetření.



**Obrázek 6** Graf - Četnost CTA vyšetření v ÚVN - VFN

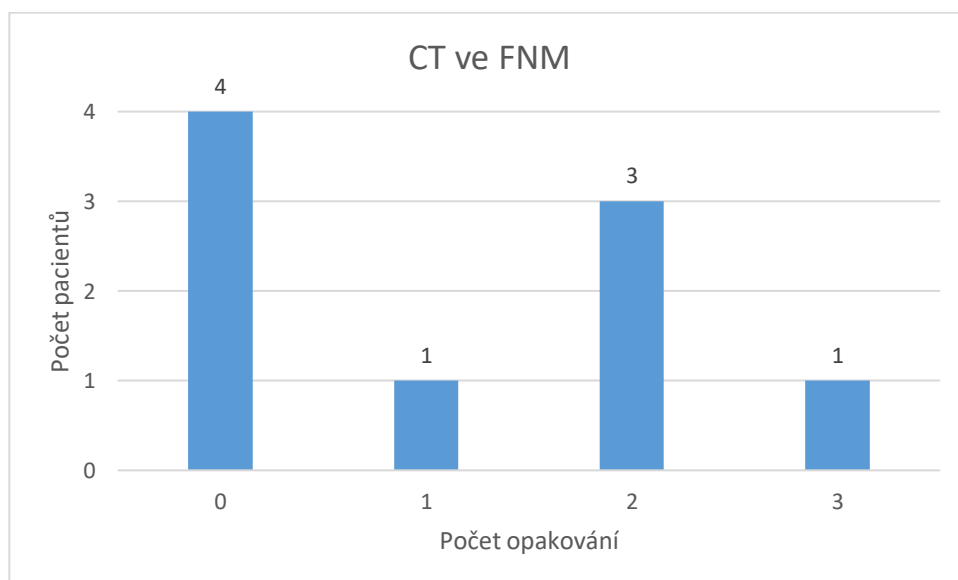
CT angiografií nebylo vyšetřeno 36 pacientů, naopak stejný počet pacientů se této vyšetřovací metodě podrobilo. Na každého pacienta průměrně připadá 1 vyšetření. Četnost

vyšetření se pohybuje na hranici od 1 do 3. Největším počtem opakování při této metodě jsou 3 vyšetření, tak to byl vyšetřen jeden pacient. Nejvíce pacientů, přesněji 27, bylo touto metodou vyšetřeno pouze jednou.



**Obrázek 7** Graf - Četnost MRI vyšetření ve FNM

V daném zdravotnickém zařízení se této vyšetřovací metodě nepodrobilo 5 pacientů. Naopak vyšetřených pacientů byli 4. Průměrný počet opakovaných vyšetření u jednoho pacienta činí 3. Rozmezí četnosti vyšetření je od 1 do 7. Největší počet opakovaných vyšetření je 7 a byl takto vyšetřen jeden pacient.

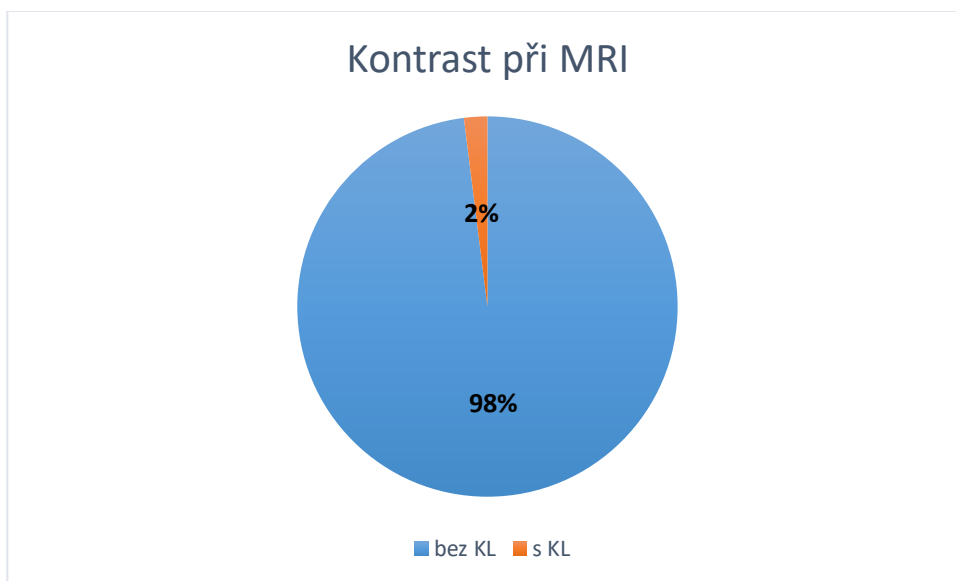


**Obrázek 8** Graf - Četnost CT vyšetření ve FNM

Toto vyšetření bylo provedeno u 5 pacientů, 4 pacienti se této vyšetřovací metodě nepodrobilo. Na každého pacienta je průměrný počet vyšetření roven 2. Hranice četnosti vyšetření se pohybuje od 1 do 3. Tři pacienti podstoupili toto vyšetření dvakrát. Nejvíce opakování této metody podstoupil jeden pacient.

### Použití kontrastní látky

V tomto případě chci poukázat na použití kontrastní látky při CT a MRI vyšetření. Zatímco při CT vyšetření se KL využívá často, při MRI je o výjimečnou událost. K podání KL při MRI došlo pouze v ÚVN.



**Obrázek 9** Graf - Využití kontrastní látky při MRI vyšetření

Celkový počet pacientů, kteří podstoupili tuto vyšetřovací metodu, byl 203 lidí. 198 pacientů absolvovalo vyšetření bez podání kontrastní látky, jedná se o 98% z celkového počtu pacientů. Pouze 2% pacientů dostali kontrastní látku, což představuje 4 lidí.

## 5.2 Radiační zátěž

K vyhodnocení radiační zátěže při CT a CTA vyšetření bylo zahrnuto 70 pacientů z ÚVN a 6 pacientů z FNM, celkem tedy 76 vyšetřených. V ÚVN podstoupilo 65 pacientů CT vyšetření a 36 pacientů CTA vyšetření. V této nemocnici se obou vyšetření zúčastnilo 31 pacientů. Ve FNM se CT vyšetření podrobilo 5 pacientů a CTA vyšetření se podrobil 1 pacient. V této nemocnici žádný pacient nepodstoupil obě vyšetřovací metody. Pacienti byli ve věku 6 měsíců - 84 let, průměrný věk činil 59 let. Z těchto vyšetřených bylo 25

mužů a 51 žen. Výpočet efektivní dávky byl zjišťován pomocí DLP veličiny, která je zjistitelná u každého CT a CTA vyšetření v dose reportu.

Při výpočtu efektivní dávky při CTA vyšetření je potřebné zahrnout tři části tohoto vyšetření. Přesněji se jedná o premonitoring, monitoring a samotné skenování. U CT vyšetření je uvedena pouze jedna hodnota, ve které je zahrnut topogram a samotné skenování. U těchto vyšetření byly z dose reportu vyhledána potřebná data a následně zaznamenána v tabulkách 1 a 2. V tabulce 1 byly zaznamenány DLP hodnoty jednotlivých fází CTA vyšetření a v tabulce 2 souhrnná DLP hodnota CT vyšetření. V tabulce 1 se u některých pacientů objevuje kromě CTA vyšetření i další vyšetření, které bylo provedeno zároveň s CTA, jedná se o perfuzi mozku. U těchto pacientů je v tabulce napsána celková hodnota DLP z obou vyšetření. U některých pacientů bylo vyšetření provedeno vícekrát, vše je zaznamenáno v tabulkách. Jednotka DLP hodnoty je mGy.cm. Efektivní dávka je vypočítána dle vztahu:

$$E = E_{DLP} \times DLP$$

Jednotkou efektivní dávky je mSv. Hodnota  $E_{DLP}$  je zjištěna z dokumentu AAPM report no. 96. Tato hodnota pro oblast hlavy a krku u dospělého člověka je  $0,0031 \text{ mSv.mGy}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ , pro dítě do jednoho roku je tato hodnota  $0,013 \text{ mSv.mGy}^{-1}.\text{cm}^{-1}$  [36]. Jednotlivé DLP hodnoty byly vynásobeny koeficientem  $E_{DLP}$ . V tabulkách 3 a 4 jsou uvedeny hodnoty efektivních dávek. U hodnocení hodnoty efektivní dávky u CTA vyšetření bylo nutné vyřadit pacienty, kteří kromě CTA metody podstoupili současně i vyšetření perfuze mozku. Jednalo se o 15 pacientů. Hodnoty efektivní dávky se pohybují v rozmezí 0,75 - 3,08 mSv, u CT vyšetření se tyto hodnoty pohybují v rozmezí 0,85 - 9,80 mSv. Průměrná efektivní dávka při vyšetření mozku daných pacientů s aneurysmatem činí u CTA vyšetření 1,34 mSv, u CT je tato hodnota 3,65 mSv.

### 5.3 Ekonomická náročnost

Na území České Republiky je v úhradovém systému při styku se zdravotními pojišťovnami, jako plátcí zdravotní péče, využíván bodový systém. Tento systém určuje Bodovou hodnotu každého zdravotnického výkonu. Každý zdravotnický výkon má tedy určitý počet bodů, ohodnocení. Seznam zdravotnických výkonů s těmito hodnotami je zakotven ve vyhlášce č. 134/1998 Sb. Seznam, přesněji tato vyhláška je novelizována

vyhláškou č. 421/2016 Sb. V novelizované verzi dochází k pozměnění výkonů a jejich bodových hodnot. Katalog výkonů s přesným bodovým ohodnocením připravuje a vydává Všeobecná zdravotní pojišťovna (VZP). Při dokončování této práce byl použit katalog platný od 1. 1. 2017 [37, 39, 40].

Vyšetření provedené magnetickou rezonancí je v seznamu zapsáno pod kódem 89713 - zobrazení hlavy, končetin, kloubu, jednoho úseku páteře. Tento kód zahrnuje vyšetření bez podání kontrastní látky, ale i s jejím podáním. Daný výkon je klasifikován 5157 body. Vyšetření provedené pomocí počítačové tomografie má kód 89611 - vyšetření hlavy nebo těla nativní a kontrastní. Pod tentýž kód spadá i CTA vyšetření. Tento kód má hodnotu 2155 bodů. Posledním vyšetřením je CE MRA, které nalezneme pod kódem 89723 - MR angiografie a jeho hodnota činí 5620 bodů. Hodnota bodu je stanovena ve vyhlášce č. 348/2016 Sb. U daných vyšetření je hodnota jednoho bodu pro pojištěnce VZP rovna 1,08 Kč. Po přepočtu bylo zjištěno, že nemocnice vykazuje zdravotní pojišťovně za provedené vyšetření cenu: za CT vyšetření - 2327,4 Kč, za CTA vyšetření - 2327,4 Kč, za MRI vyšetření - 5569,6 Kč a za CE MRA vyšetření - 6069,6 Kč [38].

Při použití kontrastní látky, je tato látka nemocnicí vykázána jako zvlášť účtované léčivo (ZUL). Na stránkách SÚKL byly zjištěny orientační pořizovací ceny využívaných kontrastních látek, dále byla zjištěna hodnota maximálního proplacení od zdravotní pojišťovny [36].

**Tabulka 5** Kontrastní látky a jejich cena

Kontrastní látka	Orientační cena	Proplacená cena
Iomeron 300 MG I/ML INJ SOL 1x200ML	1806,56 Kč	1949,34 Kč
Visipaque 320 MG I/ML INJ SOL 10x100ML	9887,95 Kč	9887,93 Kč
Gadovist 1MMOL/ML INJ SOL ISP 5x10ML I	11613,75 Kč	9026,83 Kč

Při použití 100ml KL Visipaque, nemocnice pojišťovně vykazuje nejvyšší možnou částku 988,7 Kč. Při použití 10ml KL Gadovist tato částka činí 1805,4 Kč. Při použití 100ml KL Iomeron je tato částka 974,67 Kč.



## 6 DISKUZE

Ráda bych rozebrala výsledky týkající se počtu vyšetření pomocí CT, CTA, MRI a CE MRA. Smyslem tohoto kroku je zjistit, jaká vyšetřovací metoda je nejvíce využívána při diagnostice a sledování aneurysmatu mozkových tepen. Dále bych chtěla porovnat využití vyšetřovacích modalit v obou nemocnicích, tedy v ÚVN - VFN a ve FNM, a porovnat jejich počty. Jako poslední bod této části uvedu počty opakování u CT, CTA a MRI, metoda CE MRA byla využita pouze jednou, ve smyslu opakování. Data z těchto nemocnic jsou z období 2007 - 2017.

Při zjišťování nejvíce využívané metody byla použita data z ÚVN - VFN a FNM. Každou nemocnici budu proto hodnotit zvlášť. Jak je patrné z prvního grafu, v ÚVN - VFN provedli 172 CT vyšetření, 46 vyšetření CTA, 203 MRI vyšetření a 4 CE MRA vyšetření. Je tedy jasné, že nejvyužívanější metodou pro diagnostiku a sledování aneurysmat mozkových tepen je magnetická rezonance. Je nutno říci, že takto vysoký počet vyšetření neznamená stejný počet vyšetřených. MRI metodou bylo vyšetřeno 69 pacientů, CT vyšetření podstoupilo 65 pacientů, CTA absolvovalo 36 pacientů a CE MRA metodou byli vyšetřeni čtyři pacienti. V této nemocnici bylo 17 pacientů, kteří byli léčeni konzervativní léčbou, tzv. watchful waiting. Tito pacienti byli sledováni pomocí MRI. Ostatních 52 pacientů prodělalo MRI vyšetření z různých důvodů, např. pacienti byli poslání z jiných nemocnic na konzultaci a případnou léčbu, MRI se prováděla nějaký čas po operaci, aby se zjistilo, jestli nenastaly nějaké komplikace, MRI mohla být použita i z jiné příčiny, která mi není známa. Převážná část pacientů měla aneurysma mozkových tepen diagnostikována akutně, jednalo se tedy o SAK, nebo akutní bolest hlavy. V těchto případech je volena metoda CT/CTA před metodou MRI/CE MRA. CT/CTA metoda je rychlejší a pokud je využita CTA metoda, je možné během tohoto vyšetření zobrazit tepny od aortálního oblouku, což je nutné pro případnou intervenci. V případě SAK je rychlost vyšetření zásadní, přínos vyšetření je tedy stavěn před vzniklou radiační dávkou, kterou pacient při tomto vyšetření obdrží. Druhý graf zachycuje situaci ve FNM. Na první pohled je jasné, že se v této nemocnici provedlo méně vyšetření u menšího počtu pacientů. V této nemocnici provedli 10 vyšetření pomocí CT vyšetřovací metody, 1 CTA vyšetření a 13 MRI vyšetření. Metoda CE MRA nebyla ve FNM použita ani jednou. Z dostupných dat je patrné,

že nejvyužívanější metodou je MRI. MRI vyšetřovací metodu absolvovali 4 pacienti, CT vyšetření podstoupilo 5 pacientů a CTA metodou byl vyšetřen jeden pacient. Z celkových devíti pacientů byli minimálně 2 pacienti, u kterých byla využita konzervativní léčba, prováděli se u nich kontroly pomocí MRI vyšetřovací metody. Ostatní pacienti, kteří absolvovali MRI vyšetření, podstoupili tuto metodu ze stejných důvodů, jako pacienti z ÚVN - VFN. 3 pacienti byli přijati se SAK, u 2 pacientů byla provedena CT vyšetřovací metoda a u zbylého pacienta bylo provedeno CTA vyšetření.

V obou nemocnicích byla nejvyužívanější metodou metoda MRI, poté CT, CTA a nejméně využívanou metodou byla CE MRA. Rozdílný počet mezi vyšetřovacími metodami může mít za následek dostupnost vyšetřovacích metod, radiační zátěž pacienta, rychlost vyšetření, možná alergie na kontrastní látku, klaustrofobie, finanční náročnost pro nemocnici, přítomnost feromagnetických materiálů v těle pacienta, zdravotní stav pacienta a v neposlední řadě přínos vyšetření v léčbě pacienta. Volba MRI vyšetření při diagnostice aneurysmatu mozkových tepen by měla být prvotní volbou. MRI nevystavuje pacienta žádné radiační dávce. Pokud jsou známi důvody ke kontraindikaci tohoto vyšetření, pacient podstupuje jiné a pro něj výhodnější vyšetřovací metodu. MRI metoda je využívána především u pacientů s konzervativní léčbou - dochází ke sledování aneurysmatu mozkové tepny řádově v odstupu několika let. Při porovnání ceny a času stráveném na vyšetření, je výhodnější CT vyšetření. Nevýhodou tohoto vyšetření je vystavení pacienta radiační dávce. K vyšetření pomocí CT dochází zejména v akutních případech (akutní bolest hlavy, SAK, trauma). Využití této metody se využívá především kvůli rychlosti oproti MRI. V celkovém přínosu tohoto vyšetření musí být fakt, že je pacient vystaven radiační zátěži, převýšen přínosem v léčbě pacienta.

Graf 3 porovnává počet vyšetření u vyšetřených pacientů v ÚVN - VFN a FNM. V grafu vidíme, že v ÚVN - VFN bylo vyšetřeno mnohem více pacientů při použití většího počtu vyšetřovacích metod MRI, CT, CTA a CE MRA, než ve FNM. ÚVN - VFN vyšetřila při MRI o 65 pacientů více a bylo provedeno o 190 více MRI vyšetření. Při CT vyšetřovací metodě tento rozdíl činil 60 pacientů a 162 vyšetření. U CTA metody je rozdíl 45 pacientů a 35 vyšetření. CE MRA vyšetřovací metoda se provedla pouze v ÚVN - VFN, byli vyšetřeni 4 pacienti a vyšetření se u každého z nich provedlo pouze jednou. Velké rozdíly mezi počty vyšetřených pacientů mohou být z důvodu centralizace péče. Pacienti s touto populačně vzácnější diagnózou jsou centralizováni více do ÚVN - VFN. Všeobecně je

známo, že do FNM je centralizována péče o dětské pacienty. V celém souboru pacientů, tedy 81 lidí, bylo pouze jedno dítě. Tento pacient byl léčen právě ve FNM. Rozdíly mohou být např. i z důvodu různých a rozsáhlých rekonstrukcí oddělení, dostupnosti vyšetřovací metody v pracovní a mimopracovní době, v době prázdnin, kdy je všeobecně méně lidí na pracovišti, o svátky, v neposlední řadě může dojít i k výpadku provozu přístrojů z důvodu opravy či technické závady.

Při hodnocení počtu vyšetření, ve smyslu opakování daného vyšetření, je nutné říci, že opakování vyšetření není z důvodu chyby během procesu. Opakování plyne z důvodu pozorování pacientů před operací, po operaci, nebo jde jen o pozorování aneurysmatu mozkové tepny, zda nedochází k sebemenší změně v jeho tvaru či velikosti.

Z grafu 4, který se zabývá danou problematikou v ÚVN - VFN, lze vyčíst opakování MRI vyšetření. Tuto metodu podstoupilo 68 pacientů a na každého pacienta připadají průměrně 3 vyšetření. Podle grafu jsem zjistila, že 19 pacientů absolvovalo dané vyšetření dvakrát. Nejvíce opakování této metody podstoupil jeden pacient, jednalo se o 12 opakování. Nejméně opakování, tedy jedno vyšetření, bylo provedeno 16 pacientům. 4 pacienti v této nemocnici nepodstoupili magnetickou rezonanci vůbec. Graf 7 popisuje situaci ve FNM, tedy opakování magnetické rezonance. Toto vyšetření absolvovali 4 pacienti a průměrný počet opakování na jednoho pacienta jsou 3. Z grafu lze vyčíst, že 1 opakování u této metody bylo provedeno u jednoho pacienta. Nejvíce opakování absolvoval jeden pacient, jednalo se o 7 opakování. V tomto zdravotnickém zařízení nepodstoupilo toto vyšetření 5 pacientů. Vyšší počet opakování při magnetické rezonanci představují konzervativní léčbu - watchful waiting. Tyto opakování jsou prováděny v odstupu několika let. Ve zvoleném období mého zkoumání, tedy 10 let, jsou pacienti, kteří jsou již pravidelně sledováni. Pravidelně jsou sledováni pacienti, kteří mají 6 a více opakování. V tomto období se mohou vyskytovat i pacienti, kteří jsou nově diagnostikováni. Nově diagnostikovaní pacienti tak mají menší počet opakování (1-2 opakování). Nesmím však zapomenout na pacienty, kterým byla ukončena konzervativní léčba (z důvodu smrti, změny léčby, přestěhování, nebo změny zdravotnického zařízení). Z těchto důvodů je u daných pacientů menší počet opakování.

Graf 5 poukazuje na počet CT opakování v ÚVN - VFN. Jak je vidět v grafu, tak toto vyšetření nebylo provedeno u 7 pacientů. Tohoto vyšetření bylo provedeno

u 65 pacientů, průměrně na každého pacienta připadají 3 vyšetření. Jedno opakování absolvovalo 24 pacientů, což představuje největší zastoupení pacientů. Nejvíce opakovaných CT podstoupili 2 pacienti, jednalo se o 9 CT vyšetření. V grafu 8 vidíme problematiku opakujících CT vyšetření ve FNM. V tomto zdravotním zařízení nepodstoupili tuto vyšetřovací metodu 4 pacienti. Toto vyšetření bylo provedeno u 5 pacientů, na jednoho pacienta připadají průměrně 2 vyšetření. Nejvíce opakování absolvoval jeden pacient, jednalo se o 3 vyšetření. 1 opakování podstoupil 1 pacient. Pacienti, kteří nepodstoupili žádné CT vyšetření, jsou pacienti, kteří jsou léčeni konzervativní léčbou. Jsou tedy pozorováni pomocí magnetické rezonance. Vyšší počty opakování jsou způsobeny akutním stavem pacienta při příjmu v nemocnici, SAK, hydrocefalem, intraparenchymovým krvácením do mozku, volbou léčby - chirurgická či intervenční. Při zakrvácení aneurysmatu, je stav po ošetření následně kontrolován pomocí CT.

Graf 6 zachycuje počet opakování CTA v ÚVN - VFN. V dané nemocnici nepodstoupilo toto vyšetření 36 pacientů. Stejný počet pacientů toto vyšetření podstoupilo, průměrný počet opakování na jednoho pacienta je 1. Podle grafu je na první pohled patrné, že 1 opakování se podrobilo 27 pacientů, 2 opakování absolvovalo 8 pacientů a 3 opakování podstoupil pouze jeden pacient. Ve FNM byl touto metodou vyšetřen jeden pacient, to znamená, že tuto metodu nepodstoupilo 8 pacientů. Pacienti, kteří neabsolvovali toto vyšetření ani jednou, mohou být pacienti, kteří byli diagnostikováni v jiných nemocnicích. Tito pacienti byli poté v ÚVN - VFN a FNM operováni či intervenováni. Mezi tyto pacienti, kteří nepodstoupili toto vyšetření, jsou zařazeni i ti, kteří jsou pravidelně sledováni pomocí magnetické rezonance. CTA vyšetření se provádí v případě monitoringu vazospasmů na mozkových tepnách (kumulované vyšetření), tento stav může být následkem SAK. Dalším důvodem může být zobrazení tepen z aortálního oblouku, což se využívá při intervencích. Z dat zjištěných z ÚVN - VFN, které jsou zapsány v tabulce 1, jsem zjistila, že 4 pacienti podstoupili CTA vyšetření a poté CTA spolu s perfuzí mozku. Toto zjištění potvrzuje monitorování vazospasmů.

Při hodnocení použití kontrastní látky, jsem se zabývala podáním KL při vyšetření pomocí magnetické rezonance. K podání KL při této metodě došlo pouze v ÚVN - VFN. Z celkových 203 pacientů, byla KL podána pouze 4 pacientům. 4 pacienti s KL představují 2% z celkových 100%. KL byla podána z těchto důvodů: u 3 pacientů

s podáním KL bylo vyšetření provedeno v jiných nemocnicích. Jednalo se o upřesnění vaskulární struktury parietálně vpravo (venózní angiom), pátrání po ložiskovém procesu pro epileptický záchvat (prvotní projev aneurysmatu - stav podobný epilepsii) a o vyloučení nádorového ložiska uloženého ventrálně před mozkovým kmenem (prokázalo se gigantické AN basilární tepny). Poslednímu pacientovi byla KL podána z důvodu prokázání adenomu hypofýzy. Tento malý počet pacientů s podáním KL poukazuje na skutečnost, že AN lze dobře zobrazit pomocí TOF sekvence. Jedná se o MR angiografii bez použití kontrastní látky.

Řešení otázky radiační zátěže u CT a MRI vyšetření nemá z hlediska principu těchto metod smysl. Při magnetické rezonanci nedochází k žádné radiační zátěži pacienta. Díky tomu to faktu porovnávám hodnoty radiační zátěže při CT a CTA vyšetření s hodnotami ze stránek SÚRO, které představují možnou efektivní dávku při těchto metodách (jedná se o místní a národní standardy). Pro mé zkoumání bylo vybráno 70 lidí, kteří podstoupili CT a vyšetření a z 37 pacientů, kteří absolvovali CTA vyšetření, bylo použito 22 pacientů. 15 pacientů bylo vyloučeno, protože podstoupili kromě CTA i perfuzi mozku, u 4 zahrnutých pacientů nejsou do výpočtu zahrnuty vyšetření z CTA a perfuze mozku. U zmíněných pacientů byla zjistitelná pouze celková DLP hodnota, která zahrnovala obě vyšetření. Došlo by tedy k navýšení DLP dávky z CTA vyšetření o DLP hodnotu z vyšetření perfuze mozku. Díky tomuto navýšení by došlo ke zkreslení výpočtu průměrné efektivní dávky z tohoto vyšetření.

K výpočtům radiační zátěže při CT a CTA byla využita veličina DLP, která je dohledatelná v každém dose reportu z daného vyšetření. Při výpočtu efektivní dávky z CT byla využita celková hodnota DLP, která představuje topogram a samotné skenování. U CTA byly vyhledány tři hodnoty této veličiny (jedná se o premonitoring, monitoring a sken). Pro tyto výpočty jsem si vybrala DLP hodnotu, protože je zapsána v každém dose reportu a zaručuje přesný výsledek.

Tabulka 3 uvádí výsledné hodnoty efektivní dávky z CTA vyšetření. V tabulce 4 nalezneme hodnoty efektivních dávek z CT vyšetření. V tabulkách 1 a 2 jsou uvedena data, která byla pro výpočet radiační dávky z těchto vyšetřovacích metod potřebná. U některých pacientů se daná vyšetření provedla opakovaně. Po sečtení všech efektivních dávek z jednotlivých vyšetření pacienta, vyšla výsledná hodnota radiační zátěže, které byl daný pacient za celou dobu vystaven. Pomocí tabulky 3 jsem zhotovila rozmezí efektivní dávky

při CTA. Toto rozmezí je od 0,75 do 3,08 mSv. Průměrná efektivní dávka na jedno CTA vyšetření činí 1,34 mSv. Při pohledu na tabulku 4 vidíme rozmezí efektivní dávky při CT. Rozmezí se pohybuje od 0,85 do 9,80 mSv. Průměrná efektivní dávka na jedno CT vyšetření je 3,65 mSv. Na stránkách SÚRO byly uvedeny tyto hodnoty: efektivní dávka při CTA vyšetření je v rozmezí 1 - 28 mSv, efektivní dávka při CT vyšetření hlavy činí 2,3 mSv. Tyto hodnoty jsem porovnála s mými zjištěnými průměrnými hodnotami z těchto dvou vyšetření.

U CTA vyšetření je patrné, že mnou zjištěná hodnota průměrné efektivní dávky je v rozmezí, které bylo uvedeno na stránkách SÚRO. Zjištěná hodnota se pohybuje při dolní hranici rozmezí. U CT vyšetření byla mnou zjištěná průměrná hodnota efektivní dávky 1,6 krát vyšší, než hodnota ze SÚRO. Průměrná hodnota efektivní dávky byla ovlivněna většími rozdíly mezi jednotlivými hodnotami, které jsou uvedeny v tabulce 4. Samotné hodnoty efektivní dávky mohou být ovlivněny délkou vyšetření, nastavením akvizičních parametrů, v úvahu musíme vzít i nastavení délky vyšetřované oblasti - topogramu. I přes toto navýšení patří průměrná hodnota efektivní dávky z tohoto vyšetření k velmi nízkému riziku z pohledu radiační ochrany. Hranice tohoto rizika je od 1 do 10 mSv. Při opakovaných vyšetřeních musí být přihlíženo na skutečnost, že veškeré hodnoty efektivních dávek, kterým je pacient za svůj život vystaven, se sčítají. Proto jsem u všech pacientů součet efektivních dávek ze všech provedených CT a CTA vyšetření. Zjistila jsem, že nejvyšším počtem při CTA vyšetření byla 2 opakování, jejich součet činí 3,97 mSv. Nejmenší hodnota dávky u jednoho vyšetření je 0,8302 mSv. U CT metody je nejvyšším počtem opakování 9 vyšetření a součet dávek činí 37,95 mSv. Naopak nejmenší hodnota dávky při jednom vyšetření je 0,91 mSv.

Při volbě vyšetřovací metody z hlediska radiační zátěže musí indikující lékař zvážit nutnost CT, CTA před využitím MRI, CE MRA. Pokud se nejedná o akutní stav (akutní bolest hlavy, úraz, podezření na krvácející aneuryzma mozkové tepny atd.) a není známa žádná kontraindikace, lékař by měl upřednostňovat MRI/CE MRA vyšetřovací metodu. V akutních případech se CT, CTA vyšetření využívá z důvodu rychlosti vyšetření. Rychlost je nutná k vyřešení problému, který tento stav způsobuje. Musí být však zvážen přínos rychlosti CT/CTA vyšetření a přijatou dávkou, které je pacient při tomto vyšetření vystaven, ve srovnání s MRI/CE MRA metodou. MRI vyšetření se využívá např.

u pacientů, kteří jsou již delší dobu po operaci, nebo u pacientů u kterých je aneuryzma mozkové tepny dlouhodobě sledováno. Při volbě vyšetřovací metody je nahlíženo i další důvody, jako je dostupnost vyšetřovacích metod, finanční náročnost, klaustrofobie, alergie na jodovou KL, přítomnost feromagnetických kovů v těle pacienta atd. Pacienti, kteří nejsou z jakéhokoli důvodu schopni MRI, CE MRA vyšetření, jsou odesláni k vyšetření pomocí CT, CTA, popřípadě na DSA i za cenu vystavení radiační zátěži, tedy ozáření. DSA je metodou invazivní a dávka pro pacienta i personál se pohybuje v širokém rozmezí, ale poskytuje možnost současného provedení intervence. Při volbě mezi CTA a CE MRA v případě, kdy je hotové TOF MRA vyšetření, ale nález není jasný, vzniká problém. Lékař musí zvažovat mezi náklady pro nemocnici/pojišťovnu a dávkou, kterou pacient obdrží. Ozáření z lékařských účelů není nijak limitováno, musí se však dodržet principy optimalizace a zdůvodnění. To znamená, že činnost, která vede k ozáření, musí být opodstatněná a musí mít pro léčbu pacienta přínos. Dále to znamená, že dávka ozáření by měla být udržována na co nejmenší možné hranici a celé vyšetření by mělo převýšit případná rizika z ozáření.

V poslední části jsem se zajímala o ekonomickou náročnost jednotlivých vyšetřovacích metod. Cena vyšetření může hrát roli při výběru vyšetřovací metody. Cenová hodnota vyšetření je určena pomocí bodů. Počty bodů za dané vyšetření jsou uvedeny v katalogu, který sestavuje VZP. Následná hodnota bodu je stanovena ve vyhlášce č. 348/2016 Sb. Nejdražší metodou je CE MRA. Cena této metody je 6069,6 Kč. CT metoda stojí 2327,4 Kč. CTA vyšetřovací metoda stojí stejnou částku, jako CT metoda, tedy 2327,4 Kč. MRI metoda stojí 5569,6 Kč. Nejdražší vyšetřovací metoda, tedy CE MRA, by měla být využita v případě nedostačujících informací z TOF MR angiografie. ZUL, tedy kontrastní látky způsobují rozdílnou cenu mezi CT/CTA a MRI/CE MRA vyšetřovacími metodami. Skutečná ekonomická náročnost jednotlivých vyšetřovacích metod v praxi závisí na smluvních vztazích dané nemocnice a dané pojišťovny vyšetřovaného pacienta.

## 7 ZÁVĚR

Bakalářská práce byla napsána z důvodu porovnání vyšetřovacích metod při diagnostice aneurysmatu mozkových tepen. Porovnávanými metodami byly CT a MRI. K těmto dvou metodám patří další dvě metody, které již dvě zmíněné metody doplňují, jedná se o CTA a CE MRA. Pro porovnání uvedených metod sloužily tři hlavní kritéria: počty vyšetření, radiační zátěž, které je pacient během vyšetření vystaven a ekonomická náročnost.

Data potřebná k hodnocení počtu vyšetření a radiační zátěže, byla získána ze dvou pražských nemocnic. Jednalo se o Ústřední vojenskou nemocnici - Vojenskou fakultní nemocnici a Fakultní nemocnici Motol.

Z mého zkoumání vyšlo najevo, že nejpoužívanější metodou v obou nemocnicích je MRI. CT metoda má však velký význam při diagnostice s akutními projevy této diagnózy. Při porovnání obou nemocnic, jsem zjistila skutečnost, že v ÚVN - VFN je proveden větší počet vyšetření a je zde léčeno více pacientů s danou diagnózou, než ve FNM. Toto zjištění může být způsobeno především centralizací péče s relativně vzácnou diagnózou v populaci. Dále jsem se zabývala podáním kontrastní látky při MRI vyšetření. Kontrastní látka při tomto vyšetření byla podána pouze 4 pacientům, což potvrdilo hypotézu, že se KL při vyšetření pomocí magnetické rezonance často nevyužívá. Použití KL látky toto vyšetření značně prodražuje. Pro získání stejných informací existují levnější metody, jako je magnetická rezonance s použitou sekvencí TOF, nebo CTA vyšetření. U 4 pacientů proběhlo vyšetření s podáním gadoliniové KL, z důvodu nejasného nálezu při nativním vyšetření, nebo z důvodu dalších diagnostikovaných patologií ve vyšetřované oblasti. Jednalo se např. o adenom hypofýzy.

Z výsledků, které se zabývají průměrnou efektivní dávkou, tedy radiační dávkou při CT a CTA vyšetření, bylo zjištěno následující. Při CT vyšetření je průměrná efektivní dávka 3,65 mSv a při CTA tato dávka činí 1,34 mSv. Značný rozdíl mezi těmito hodnotami je způsoben menším počtem vyšetření pomocí CTA. Hodnocení ekonomické náročnosti poukazuje na cenové rozpětí mezi těmito metodami. Nejdražším vyšetřením je CE MRA, které stojí 6069,6 Kč. Naopak nejlevnějšími metodami jsou CT a CTA, tyto metody stojí 2327,4 Kč. MRI metoda stojí 5569,6 Kč. Do uvedených cen není započten spotřebovaný



materiál ani provoz oddělení. Reálné ceny by proto byly ještě vyšší. Ceny CTA a CE MRA vyšetření jsou uvedeny bez započítání ceny kontrastní látky.

Při volbě vyšetřovací metody v diagnostice aneurysmatu mozkových tepen hraje roli dostupnost metod, cena a v neposlední řadě radiační dávka. Každá zmíněná metoda má své klady a zápory. Přes všechny tyto aspekty není možné říci, jaká metoda by se měla využívat přednostně. Výběr metody záleží především na aktuálním stavu pacienta a nutnosti výsledků z vyšetřovacích metod, které jsou využity při léčbě pacienta.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

2D -	dvojměrný
3D -	trojměrný
4D -	čtyřměrný
a. -	arteria (tepna)
aa. -	arteriae (tepny)
atd. -	a tak dále
$^1\text{H}$ -	atom vodíku
$^+\text{H}$ -	proton vodíku
CE MRA -	contrast enhanced MRA
CT -	výpočetní tomografie
CTA -	CT - angiografie
$\text{CO}_2$ -	oxid uhličitý
DSA -	Digitální subtrakční angiografie
FLAIR -	fluid attenuated inversion recovery
FNM -	Fakultní nemocnice Motol
FOV -	field of view / velikost zobrazovaného pole
GE -	gradientní echa
HRCT -	high resolution computed tomography
HU -	Hounsfieldovy jednotky
IR -	inversion recovery
i. v. -	intravenózní
IZ -	ionizující záření
KL -	kontrastní látka
kV -	kilovolt / napětí
KZM -	Klinika zobrazovacích metod
mAs -	miliampér za sekundu / proud
MDCT -	multidetektorová výpočetní tomografie
mg -	miligram
MinIP -	rekonstrukce nejnižších denzit

MIP -	rekonstrukce nejvyšších denzit
ML/ml-	mililitr
mm -	milimetr
MPR -	multiplanární rekonstrukce
MRA -	MR - angiografie
MRI -	magnetická rezonance
NMR -	nukleární magnetická rezonance
PC -	phase contrast
PD -	proton denzitní obrazy
RDG -	radiodiagnostika, radiodiagnostické oddělení
ROI -	region of interest
RTG -	rentgenové záření
SAK -	subarachnoidální krvácení
SE -	spin - echo sekvence
SPIO -	supermagnetic iron oxid
SSD -	shaded surface display
STIR -	short tan inversion recovery
SÚKL -	Státní úřad pro kontrolu léčiv
SÚRO -	Státní ústav radiační ochrany
TE -	time to echo
TR -	time to repeat
TOF -	time of flight
tzv. -	takzvaný
USG -	ultrazvuk
ÚVN -	VFN - Ústřední vojenská nemocnice - Vojenská fakultní nemocnice v Praze
v. -	
vv. -	venae (žíly)
VE -	virtuální endoskopie
VRT -	volume rendering techniques
VZP -	Všeobecná zdravotní pojišťovna
ZUL -	zvlášť účtované léčivo

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. PLAS, Jaroslav, ZEMAN, Miroslav. *Speciální chirurgie. Neurochirurgie / Jaroslav Plas et al.* Praha: Galén, 2000. 111 s. ISBN: 80-8670-308-8
2. KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. *Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie.* 1. vyd. Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005. 835 s. ISBN: 80-86703-08-8
3. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi.* Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. 368 s. ISBN: 978-80-247-4108-6
4. VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty.* Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 157 s. ISBN: 978-80-244-4508-3
5. PROCHÁZKA, Václav, ČÍŽEK, Vladimír. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony.* Praha: Maxdorf, 2012. 217 s. ISBN: 978-80-7345-284-1
6. HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie.* 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. 314 s. ISBN: 978-80-244-2901-4
7. SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře.* 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 319 s. ISBN: 978-80-247-1106-5
8. SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela. *Diagnostická radiologie: neuroradiologie.* 1. vyd. Praha: Grada, 2014. vii, 519 s. ISBN: 978-80-247-4546-6
9. KALVACH, Pavel. *Mozkové ischemie a hemoragie.* 3. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2010. 456 s. ISBN: 978-80-247-2765-3
10. STEJSKAL, Lubor. *Intraoperační stimulační monitorace v neurochirurgii.* 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 104 s. ISBN: 80-247-0964-3
11. ZEMAN, Miroslav, KRŠKA, Zdeněk. *Speciální chirurgie.* 3, dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, 2014. xviii, 511 s. ISBN: 978-80-7492-128-5
12. FERDA, Jiří, NOVÁK, Milan, KREUZBERG, Boris. *Výpočetní tomografie.* 1. vyd. Praha: Galén, 2002. 663 s. ISBN: 80-7262-172-6
13. FERDA, Jiří, MÍRKA, Hynek, BAXA, Jan. *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření.* 1. vyd. Praha: Galén, 2009. 213 s. ISBN: 978-80-7262-608-3
14. ČIHÁK, Radomír (ed.), GRIM, Miloš (ed.). *Anatomie.* 3., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2016. 832s. ISBN: 978-80-247-5636-3

15. MELLOVÁ, Yvetta a kolektiv. *Anatómia človeka pre nelekárske študijné programy*. Osveta, 2011, 184 s. ISBN 9788080633356
16. NEUWIRTH, Jiří. *Anatomia neuro radiologica basalis*. Praha: NEUNN: Triton, 2006. 122 s. ISBN: 80-7254-844-1
17. KRAJINA, Antonín, HLAVA, Antonín. *Angiografie*. Hradec Králové: Nucleus HK, 1999. 550 s. ISBN: 80-901753-6-8
18. Fotografický interaktivní atlas člověka [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.atlascloveka.upol.cz/cs/index.html>
19. KIKALOVÁ, Kateřina, MACHÁLEK, Libor, HOLIBKA, Vladimír, KUTAL, Miroslav a BEZDĚKOVÁ, Milada. *Neuroanatomie I.: Struktury centrálního nervového systému* [online]. ©2011 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.nan.upol.cz/neuro/>
20. Velký lékařský slovník [online]. [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/>
21. PETROVICKÝ, Pavel. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi. I. svazek, Pohybové ústrojí*. Martin: Osveta, c2001. 463 s. ISBN: 80-8063-046-1
22. NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miloslava, ELIŠKA, Oldřich, HOUDEK, Lubomír (ed.). *Přehled anatomie*. 2. dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. 416 s. ISBN: 978-80-7262-612-0
23. DOKLÁDAL, Milan, PÁČ, Libor. *Anatomie člověka. III., Systém kožní, smyslový a nervový*. 2., nezměn. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2002. 285 s. ISBN: 80-210-3027-5
24. Cerebrovaskulární manuál [online]. [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.cmp-manual.wbs.cz/>
25. ELIÁŠ, Pavel, VÁLEK, Vlastimil. *Moderní diagnostické metody. II. díl, Výpočetní tomografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998. 84 s. ISBN: 80-7013-294-9
26. RAMAN, Siva P., MAHESH, Mahadevappa, BLASKO, Robert V. a FISHMAN, Elliot K. CT Scan Parameters and Radiation Dose: Practical Advice for Radiologists. *Journal of the American College of Radiology* [online]. 2013, vol. 10, issue 11, p. 840-846 [cit. 2017-01-13]. DOI: 10.1016/j.jacr.2013.05.032. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1546144013003177>

27. Výpočetní tomografie [online].[cit 2016-12-20 ]. Dostupné z:  
<https://www.homolka.cz/cs-CZ/oddeleni/radiodiagnosticke-oddeleni-rdg/nase-sluzby/ct.html>
28. Metodický list pro vyšetřování pacientů s kovovými implantáty na MR [online].[cit 2017-1-12]. Dostupné z: <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-list-pro-vysetrovani-pacientu-s-kovovymi-implantaty-na-mr.html>
29. VÁLEK, Vlastimil, ŽIŽKA, Jan. *Moderní diagnostické metody. 3. díl, Magnetická rezonance*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. 43 s. ISBN: 80-7013-225-6
30. NEKULA, Josef. *Radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. 205 s. ISBN: 80-244-0259-9
31. ČERNOCH, Zdeněk. *Neuroradiologie*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2000. 585 s. ISBN: 80-901753-9-2
32. Léčba aneurysmat [online]. [cit 2017-3-20]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/94-aneurysma-deleni-diagnostika-rizikove-faktory-a-lecba>
33. Endovaskulární léčba intrakraniálních aneurysmat – metodika, indikace, komplikace [online]. [cit 2017-3-20]. Dostupné z: [http://www.csnn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/endovaskularni-lecba-intrakranialnich-aneuryzmat-metodika-indikace-komplikace-38691?confirm\\_rules=1](http://www.csnn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/endovaskularni-lecba-intrakranialnich-aneuryzmat-metodika-indikace-komplikace-38691?confirm_rules=1)
34. Metodický list intravaskulárního podání jódových kontrastních látek (JKL) [online].[cit 2017-4-10]. Dostupné z: <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-list-intravaskularniho-podani-jodovych-kontrastnich-latek-jkl.html>
35. NEKULA, Josef, CHMELKOVÁ, J. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. 1 vyd. Ostrava: Zdravotně sociální fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, 2007. 63s. ISBN 978-80-7368-335-1
36. AAPM REPORT NO. 96: The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT [online]. 2008 [cit. 2. 5. 2017]. ISBN 978-1-888340-73-0. Dostupné z: [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_96.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_96.pdf)
37. *Státní úřad pro kontrolu léčiv* [online]. 2010 ©, [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz>

38. Vyhláška č. 134/1998 Sb., *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se vydává seznam zdravotních výkonů s bodovými hodnotami* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-134>
39. Vyhláška č. 348/2016 Sb., o stanovení hodnot bodu, výše úhrad hrazených služeb a regulačních omezení pro rok 2017 [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: [https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vyhlaska-c348/2016-sb-o-stanoveni-hodnot-boduvyse-uhrad-hrazenych-sluzeb-a\\_12970\\_2439\\_11.html](https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vyhlaska-c348/2016-sb-o-stanoveni-hodnot-boduvyse-uhrad-hrazenych-sluzeb-a_12970_2439_11.html)
40. Vyhláška č. 421/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 134/1998 Sb., kterou se vydává seznam zdravotních výkonů s bodovými hodnotami, ve znění pozdějších předpisů [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: [https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vyhlaska-c421/2016-sb-kterou-se-meni-vyhlaska-c134/1998-sb-kterou-se-vyd\\_13367\\_2439\\_11.html](https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vyhlaska-c421/2016-sb-kterou-se-meni-vyhlaska-c134/1998-sb-kterou-se-vyd_13367_2439_11.html)
41. Seznam zdravotních výkonů. *Zdravotní výkony* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/poskytovatele/ciselniky/zdravotni-vykony>
42. SEIDL, Zdeněk. *Neurologie pro studium a praxi*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2015. 383 s. ISBN: 978-80-247-5247-1

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Graf - Využití jednotlivých vyšetřovacích metod v ÚVN - VFN .....	41
Obrázek 2 Graf - Využití jednotlivých vyšetřovacích metod ve FNM .....	42
Obrázek 3 Graf - Porovnání ÚVN - VFN a FNM ve využití vyšetřovacích metod .....	42
Obrázek 4 Graf - Četnost MRI vyšetření v ÚVN - VFN .....	43
Obrázek 5 Graf - Četnost CT vyšetření v ÚVN - VFN .....	44
Obrázek 6 Graf - Četnost CTA vyšetření v ÚVN - VFN .....	44
Obrázek 7 Graf - Četnost MRI vyšetření ve FNM .....	45
Obrázek 8 Graf - Četnost CT vyšetření ve FNM.....	45
Obrázek 9 Graf - Využití kontrastní látky při MRI vyšetření .....	46



## 11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 DLP hodnoty při CTA vyšetření .....	67
Tabulka 2 DLP hodnoty při CT vyšetření .....	68
Tabulka 3 Hodnoty efektivních dávek z CTA vyšetření .....	70
Tabulka 4 Hodnoty efektivních dávek z CT vyšetření.....	71
Tabulka 5 Kontrastní látky a jejich cena .....	48

## **12 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 - Tabulka 1 DLP hodnoty při CTA vyšetření

Příloha 2 - Tabulka 2 DLP hodnoty při CT vyšetření

Příloha 3 - Tabulka 3 Hodnoty efektivních dávek z CTA vyšetření

Příloha 4 - Tabulka 4 Hodnoty efektivních dávek z CT vyšetření

Příloha 5 - Souhlas s diagnostickým postupem (aplikace jodové kontrastní látky v rámci rdg vyšetření)

Příloha 6 - Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem (multidetektorová výpočetní tomografie)

Příloha 7 - Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem (magnetická resonance)

Příloha 8 - informovaný souhlas pacienta s provedením vyšetření magnetickou rezonancí

Příloha 9- Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek (JKL)

Příloha 1 -**Tabulka 1** DLP hodnoty při CTA vyšetření

Pacient	Pohlaví	Věk	Nemocnice	DLP premonitoring (mGy.cm)	DLP monitoring (mGy.cm)	DLP sken (mGy.cm)
1	žena	35	FNM	2,6	37,2	716,1
2	muž	51	ÚVN	4,3	12	348
3	muž	42	ÚVN	3,4	18	298
				4,6	12	378,7
4	žena	51	ÚVN	3,9	9	388,2
5	muž	28	ÚVN	3,9	6	310,8
6	žena	64	ÚVN	3,9	6	285,7
7	žena	45	ÚVN	3	21	498
8	muž	48	ÚVN	5,1	9	404,4
9	žena	68	ÚVN	5,1	10,5	356,4
10	žena	70	ÚVN	3,9	6	361,8
11	žena	67	ÚVN	4	16,17	501
12	žena	43	ÚVN	8,4	7,2	721,8
13	muž	65	ÚVN	3,9	6	258,8
14	muž	51	ÚVN	4	5	258,8
15	žena	48	ÚVN	3,4	5	233
				4	10,5	258,8
16	žena	60	ÚVN	3,4	18	328,3
				celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4222,1		
17	žena	67	ÚVN	4	23	388
				3860,7		
18	žena	62	ÚVN	9	35	650
				4222,1		
19	žena	58	ÚVN	8	46	938
				4	19	265
				4222,1		
20	žena	60	ÚVN	8	39	410
21	muž	70	ÚVN	4	27	306
22	žena	65	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5282,4		
23	žena	75	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5282,4		
24	žena	68	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5282,4		
25	žena	71	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4222,1		
26	žena	70	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5282,4		
				celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4222,1		
27	žena	60	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5383		
28	žena	75	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4526,5		
				celkové DLP z CTA a perfuze mozku 5383		
29	žena	63	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4339,3		

30	žena	65	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4526,5
31	muž	40	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 3523
32	žena	27	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 3523
33	muž	30	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4222,4
34	muž	30	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 3523
35	muž	41	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 3523
36	muž	39	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4526,5
37	žena	79	ÚVN	celkové DLP z CTA a perfuze mozku 4526,5

Příloha 2 - **Tabulka 2** DLP hodnoty při CT vyšetření

Pac.	Poh.	Věk	Nem.	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP
1	žena	60	FNM	1204	1031							
2	muž	37	FNM	771,8	951							
3	muž	39	FNM	1669	368,3	1886						
4	muž	22	FNM	1104,6								
5	žena	0	FNM	322,8	295,5							
6	muž	69	ÚVN	1345,27	1042	273,5						
7	muž	51	ÚVN	2204,8	1318	1149						
8	žena	33	ÚVN	891,7								
9	muž	42	ÚVN	1421	1003,7							
10	žena	51	ÚVN	1063	1127	1072	1275	942,2				
11	žena	69	ÚVN	977,3	950,7							
12	muž	28	ÚVN	790,9	820,3	753,4	921,4	899,6	1068,4	1043,1	1119	
13	žena	64	ÚVN	953,7								
14	žena	60	ÚVN	1128,3								
15	žena	45	ÚVN	777,9	777,9	1043						
16	žena	75	ÚVN	924,2								
17	žena	78	ÚVN	939,4	725,2	1018	800,4					
18	žena	68	ÚVN	1084								
19	žena	70	ÚVN	1145,37	1097							
20	žena	45	ÚVN	942,2	992,7	841,3						
21	muž	39	ÚVN	1387	1440							
22	žena	55	ÚVN	1574								
23	žena	43	ÚVN	898,94	1056,8	1002,7	1002,7	866,5	1003,7			
24	muž	43	ÚVN	1788,28	1036,8	585,38	1005,5					
25	žena	62	ÚVN	1005,2								
26	muž	36	ÚVN	956	337,3							
27	žena	58	ÚVN	1991,9								
28	žena	65	ÚVN	1015,7	1015,5							

29	žena	47	ÚVN	1028,6								
30	muž	65	ÚVN	292,4								
31	muž	51	ÚVN	1085	742,2	1066,8	1045,5	1017,8	1045,6	1043,1		
32	žena	48	ÚVN	1207								
33	žena	68	ÚVN	950,7								
34	žena	59	ÚVN	1107	1052	1288	1318	1318	1318	1389	1254	1169,2
35	žena	71	ÚVN	1017,8	1395	1003,7						
36	žena	44	ÚVN	1003,7								
37	žena	67	ÚVN	1247								
38	žena	71	ÚVN	942,2								
39	žena	75	ÚVN	1057								
40	žena	71	ÚVN	1104	917							
41	žena	68	ÚVN	1395	1166,9							
42	žena	56	ÚVN	1318	1448,3	1083,3	1372					
43	žena	62	ÚVN	1318								
44	muž	24	ÚVN	1318	1056,8							
45	žena	59	ÚVN	1734	1318	1254						
46	muž	64	ÚVN	1073	1382	1318	1467,4					
47	muž	75	ÚVN	1442	1318							
48	žena	60	ÚVN	964,98								
49	žena	79	ÚVN	1420,6								
50	žena	59	ÚVN	1513,4								
51	žena	69	ÚVN	932	1318	1318						
52	muž	70	ÚVN	1352,9								
53	žena	84	ÚVN	1321								
54	žena	51	ÚVN	1382								
55	žena	56	ÚVN	1318								
56	žena	59	ÚVN	1318	1318	1247	1469	1318	1318	1395	1344,3	1513,4
57	žena	75	ÚVN	1221	1247	1122	977,3	942,2	992,7	950,7	827,4	
58	muž	58	ÚVN	1442	1456							
59	muž	63	ÚVN	1006	1318							
60	žena	63	ÚVN	1948,2	1268							
61	žena	71	ÚVN	1318								
62	žena	60	ÚVN	1352,9								
63	muž	64	ÚVN	1318								
64	žena	65	ÚVN	1992	1318							
65	muž	70	ÚVN	1311	1375							
66	muž	40	ÚVN	1516	1281							
67	muž	30	ÚVN	3161	1221							
68	muž	41	ÚVN	1482,3								
69	muž	39	ÚVN	1268	1318	1281						
70	žena	79	ÚVN	1367,3	1281							

Příloha 3 - **Tabulka 3** Hodnoty efektivních dávek z CTA vyšetření

Pacient	E premonitoring	E monitoring	E sken	součet E
1	0,00806	0,11532	2,21991	2,34329
2	0,01333	0,0372	1,0788	1,12933
3	0,01054	0,0558	0,9238	0,99014
	0,01426	0,0372	1,17397	1,22543
4	0,01209	0,0279	1,20342	1,24341
5	0,01209	0,0186	0,96348	0,99417
6	0,01209	0,0186	0,88567	0,91636
7	0,0093	0,0651	1,5438	1,6182
8	0,01581	0,0279	1,25364	1,29735
9	0,01581	0,03255	1,10484	1,1532
10	0,01209	0,0186	1,12158	1,15227
11	0,0124	0,050127	1,5531	1,615627
12	0,02604	0,02232	2,23758	2,28594
13	0,01209	0,0186	0,80228	0,83297
14	0,0124	0,0155	0,80228	0,83018
15	0,01054	0,0155	0,7223	0,74834
	0,0124	0,03255	0,80228	0,84723
16	0,01054	0,0558	1,01773	1,08407
				13,08851
17	0,0124	0,0713	1,2028	1,2865
				11,96817
18	0,0279	0,1085	2,015	2,1514
				13,08851
19	0,0248	0,1426	2,9078	3,0752
	0,0124	0,0589	0,8215	0,8928
				13,08851
20	0,0248	0,1209	1,271	1,4167
21	0,0124	0,0837	0,9486	1,0447
22				16,37544
23				16,37544
24				16,37544
25				13,08851
26				16,37544
				13,08851
27				16,6873
28				14,03215
				16,6873
29				13,45183
30				14,03215

31				10,9213
32				10,9213
33				13,08944
34				10,9213
35				10,9213
36				14,03215
37				14,03215

Příloha 4 - **Tabulka 4** Hodnoty efektivních dávek z CT vyšetření

Pac.	E	E	E	E	E	E	E	E	E	Součet E
1	3,7324	3,1961								6,9285
2	2,39258	2,9481								5,34068
3	5,1739	1,14173	5,8466							12,16223
4	3,42426									3,42426
5	4,1964	3,8415								8,0379
6	4,170337	3,2302	0,84785							8,248387
7	6,83488	4,0858	3,5619							14,48258
8	2,76427									2,76427
9	4,4051	3,11147								7,51657
10	3,2953	3,4937	3,3232	3,9525	2,92082					16,98552
11	3,02963	2,94717								5,9768
12	2,45179	2,54293	2,33554	2,85634	2,78876	3,31204	3,23361	3,4689		22,98991
13	2,95647									2,95647
14	3,49773									3,49773
15	2,41149	2,41149	3,2333							8,05628
16	2,86502									2,86502
17	2,91214	2,24812	3,1558	2,48124						10,7973
18	3,3604									3,3604
19	3,550647	3,4007								6,951347
20	2,92082	3,07737	2,60803							8,60622
21	4,2997	4,464								8,7637
22	4,8794									4,8794
23	2,786714	3,27608	3,10837	3,10837	2,68615	3,11147				18,07715
24	5,543668	3,21408	1,814678	3,11705						13,68948
25	3,11612									3,11612
26	2,9636	1,04563								4,00923
27	6,17489									6,17489
28	3,14867	3,14805								6,29672

29	3,18866									3,18866
30	0,90644									0,90644
31	3,3635	2,30082	3,30708	3,24105	3,15518	3,24136	3,23361			21,8426
32	3,7417									3,7417
33	2,94717									2,94717
34	3,4317	3,2612	3,9928	4,0858	4,0858	4,0858	4,3059	3,8874	3,62452	34,76092
35	3,15518	4,3245	3,11147							10,59115
36	3,11147									3,11147
37	3,8657									3,8657
38	2,92082									2,92082
39	3,2767									3,2767
40	3,4224	2,8427								34,1651
41	4,3245	3,61739								7,94189
42	4,0858	4,48973	3,35823	4,2532						16,18696
43	4,0858									4,0858
44	4,0858	3,27608								7,36188
45	5,3754	4,0858	3,8874							13,3486
46	3,3263	4,2842	4,0858	4,54894						16,24524
47	4,4702	4,0858								8,556
48	2,991438									2,991438
49	4,40386									4,40386
50	4,69154									4,69154
51	2,8892	4,0858	4,0858							11,0608
52	4,19399									4,19399
53	4,0951									4,0951
54	4,2842									4,2842
55	4,0858									4,0858
56	4,0858	4,0858	3,8657	4,5539	4,0858	4,0858	4,3245	4,16733	4,69154	37,94617
57	3,7851	3,8657	3,4782	3,02963	2,92082	3,07737	2,94717	2,56494		25,66893
58	4,4702	4,5136								8,9838
59	3,1186	4,0858								7,2044
60	6,03942	3,9308								9,97022
61	4,0858									4,0858
62	4,19399									4,19399
63	4,0858									4,0858
64	6,1752	4,0858								10,261
65	4,0641	4,2625								8,3266
66	4,6996	3,9711								8,6707
67	9,7991	3,7851								13,5842
68	4,59513									4,59513
69	3,9308	4,0858	3,9711							11,9877
70	4,23863	3,9711								8,20973





## Souhlas s diagnostickým postupem

### APLIKACE JODOVÉ KONTRASTNÍ LÁTKY V RÁMCI RDG VYŠETŘENÍ

Jméno a příjmení pacienta .....

Rodné číslo .....

#### 1. Cíl a podstata diagnostického/léčebného postupu:

V rámci rentgenového vyšetření (např. CT, vylučovací urografie, zobrazení centrálního žilního katetru, zobrazení jiného cévního katetru) Vám bude podána jodová kontrastní látka s cílem zobrazit cévní řečiště nebo kontrastní látkou nasycit parenchymové orgány, nebo zobrazit jednotlivé části trávicí trubice. Kontrastní látka je aplikovaná do kanyly, zavedené do cévního systému nebo je podána formou nízkoprocenního vodného roztoku, který budete popíjet (perorálně).

#### 2. Výhody a nevýhody diagnostického/léčebného postupu:

Výhody: kontrastní zobrazení cévního systému a parenchymových orgánů umožní zpřesnit rentgenovou diagnostiku Vašeho onemocnění. V některých případech slouží k ověření správného uložení cévních katetrů.

Nevýhody: možné nežádoucí účinky na aplikaci kontrastní látky – celkové a místní.

#### 3. Možná rizika a komplikující stavy diagnostického/léčebného postupu:

Vzácně může dojít k alergické reakci na jodovou kontrastní látku. Ta se může projevit jako kožní reakce – svědění, vyrážka, porucha dýchání – kašel, dušnost, pokles tlaku krve – mdloba, slabost, šok nebo jako celková reakce v krajním případě až končící smrtí.

U pacientů s poškozenou funkcí ledvin a při podání vysoké dávky kontrastní látky může dojít k selhání funkce ledvin.

Místní komplikace mohou nastat v souvislosti s chybnou aplikací kontrastní látky mimo cévní systém při nesprávném umístění kanyly do cévy.

Formu perorálního podání nízkoprocentního vodného roztoku jodové kontrastní látky výrobce v příbalovém letáku neuvádí, současně ji ovšem nevylučuje. Toto podání je ovšem v souladu s Národními radiologickými standardy a v souladu s doporučením odborné lékařské společnosti.

#### 4. Doplnující informace

.....  
.....  
.....  
.....

Prohlašuji, že jsem vysvětlil body 1. až 3. tohoto Souhlasu pacientovi/pacientce (event. zákonnému zástupci) způsobem, který byl podle mého soudu pro něho/ni srozumitelný. Dále jsem seznámil pacienta/pacientku (zákonného zástupce) s problémy, které mohou nastat během uzdravování i s důsledky odmítnutí navrhovaného postupu.

.....  
.....

Datum, jméno, příjmení, podpis a razítko **lékaře**

#### **Informace pro pacienta/pacientku (zák. zástupce):**

- 1) Přečtěte si laskavě pozorně obě strany tohoto listu.
- 2) Pokud jste plně nerozuměli lékařovu vysvětlení, nebo pokud potřebujete doplňující informace, neváhejte zeptat se lékaře.
- 3) Pokud souhlasíte s textem prohlášení, podepište jej.

**Prohlášení:** Prohlašuji, že jsem byl/a lékařem srozumitelně informován/a o faktech týkajících se diagnostického/léčebného postupu, který mně byl navržen. Měl/a jsem možnost klást lékařovi doplňující dotazy a pokud tomu tak bylo, veškeré mé dotazy byly zodpovězeny. Jsem si vědom/a toho, že mám právo na druhý názor. Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím:

- s uvedeným diagnostickým/léčebným postupem;
- s tím, že může být proveden jakýkoliv další výkon, pokud by jeho neprovedení bezprostředně ohrozilo můj zdravotní stav.

**Jsem srozuměn/a s tím, že uvedený diagnostický/léčebný postup) musí být proveden lékařem, který mě o diagnostickém/léčebném postupu (body 1. až 3.) informoval, nenastanou-li mimořádné okolnosti, v důsledku kterých bude výkon proveden jiným lékařem**

V nemocnici probíhá doškolování lékařů a výuka studentů lékařství a fyziatrie. Bez této výukové činnosti není možné vychovat odborníky a nové lékaře. Vaše vyšetření může být prováděno školenci pod bezprostředním a pečlivým dohledem odborných pracovníků nemocnice. Máte právo odmítnout, aby Vaše vyšetření

prováděl personál v zácvičku. Takové odmítnutí v žádném případě neovlivní léčebnou péči, která Vám je nemocnicí poskytována.

.....

.....

Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

**Poučení pro pacienty:**

Zájmem lékaře je Vám pomoci. Lékař Vám vysvětlí podstatu léčebného postupu a seznámí Vás s možnými alternativami. Můžete mu položit doplňující otázky. Máte právo navržený léčebný postup odmítnout. Máte právo na druhý názor.

**Po přečtení poučení mám tyto připomínky, námitky, požadavky:**

.....

.....

.....

.....

.....

Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

*Garant: MUDr. Tomáš Belšan, CSc.*

*Informovaný souhlas naposledy revidován: listopad 2016*

Příloha 6 - Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem (multidetektorová výpočetní tomografie)



**ÚVN**  
ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE  
Vojenská fakultní nemocnice Praha

ÚVN  
U Vojenské nemocnice 1200  
169 02 Praha 6 - Střešovice  
Česká republika  
169 02 Praha 6 - Střešovice

e-mail:  
info@uvn.cz  
internet:  
www.uvn.cz

## Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem MULTIDETEKTOROVÁ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

Jméno a příjmení pacienta .....

Rodné číslo .....

### 1. Cíl a podstata diagnostického/léčebného postupu:

Cílem je zobrazit a vyšetřit určitou část těla dle požadavků ošetřujícího lékaře.

Zhotovené obrázky vyhodnotí lékař – radiolog v průběhu 1 – 2 dní a popis vyšetření se zašle ošetřujícímu lékaři.

### 2. Výhody a nevýhody diagnostického / léčebného postupu:

Výhody: dostupnost, rychlost vyšetření, náhrada za méně příjemná vyšetření.

Nevýhody: radiační zátěž, aplikace jodové kontrastní látky nitrožilně ve velké většině vyšetření.

### 3. Jiné (alternativní) možnosti řešení současného zdravotního stavu mimo navrhovaný diagnostický / léčebný postup včetně výhod a nevýhod:

Ultrazvuk – dostupnější, žádná zátěž, nižší přesnost vyšetření

Magnetická rezonance – méně dostupná, bez radiační zátěže, zejména při vyšetření mozku a míchy přesnější, ostatní rovnocenné s CT, nutnost občasné aplikace k. l., delší doba vyšetření.

### 4. Možná rizika a komplikující stavy diagnostického / léčebného postupu

Radiační zátěž, riziko alergické reakce po podání jodové kontrastní látky – od vyrážky, dušnost, nevolnost, zvracení až ve zcela vzácných případech po úmrtí pacienta, větší zátěž pro pacienty se špatnou funkcí ledvin, diabetiky, děti, pacienty nad 70 let a s onemocněním štítné žlázy (únik k. l. do podkoží).

Prohlašuji, že jsem vysvětlil body 1. až 4. tohoto Souhlasu pacientovi/pacientce (event. zákonnému zástupci) způsobem, který byl podle mého soudu pro něho/ni srozumitelný. Dále jsem seznámil pacienta/pacientku (zákonného zástupce) s problémy, které mohou nastat během uzdravování

i s důsledky odmítnutí navrhovaného postupu.

.....  
Datum, jméno, příjmení, podpis a razítko **lékaře**

**Informace pro pacienta/pacientku (zák. zástupce):**

- 4) Přečtěte si laskavě pozorně obě strany tohoto listu.
- 5) Pokud jste plně nerozuměli lékařovu vysvětlení, nebo pokud potřebujete doplňující informace, neváhejte zeptat se lékaře.
- 6) Pokud souhlasíte s textem prohlášení, podepište jej.

**Prohlášení:** Prohlašuji, že jsem byl/a lékařem srozumitelně informován/a o faktech týkajících se diagnostického/léčebného postupu, který mně byl navržen. Měl/a jsem možnost klást lékaři doplňující dotazy a pokud tomu tak bylo, veškeré mé dotazy byly zodpovězeny. Jsem si vědom/a toho, že mám právo na druhý názor. Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím:

- s uvedeným diagnostickým/léčebným postupem;
- s tím, že může být proveden jakýkoliv další výkon, pokud by jeho neprovedení bezprostředně ohrozilo můj zdravotní stav.

**Jsem srozuměn/a s tím, že uvedený diagnostický/léčebný postup) musí být proveden lékařem, který mě o diagnostickém/léčebném postupu (body 1. až 4.) informoval, nenastanou-li mimořádné okolnosti, v důsledku kterých bude výkon proveden jiným lékařem.**

V nemocnici probíhá doškolování lékařů a výuka studentů lékařství a fyziatrie. Bez této výukové činnosti není možné vychovat odborníky a nové lékaře. Vaše vyšetření může být prováděno školenci pod bezprostředním a pečlivým dohledem odborných pracovníků nemocnice. Máte právo odmítnout, aby Vaše vyšetření prováděl personál v zácviu. Takové odmítnutí v žádném případě neovlivní léčebnou péči, která Vám je nemocnicí poskytována.

.....  
Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

**Poučení pro pacienty:**

Zájmem lékaře je vám pomoci. Lékař Vám vysvětlí podstatu léčebného postupu a seznámí Vás s možnými alternativami. Můžete mu položit doplňující otázky. Máte právo navržený léčebný postup odmítnout. Máte právo na druhý názor.

**Po přečtení poučení mám tyto připomínky, námítky, požadavky:**

.....  
.....  
.....

.....  
Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

*Garant: MUDr. Tomáš Belšan, CSc.*

*Informovaný souhlas naposledy revidován: prosinec 2013*

Příloha 7 - Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem (magnetická resonance)



**ÚVN**  
ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE  
Vojenská fakultní nemocnice Praha

ÚVN  
U Vojenské nemocnice 1200  
169 02 Praha 6 - Střešovice  
Česká republika  
169 02 Praha 6 - Střešovice

e-mail:  
info@uvn.cz  
internet:  
www.uvn.cz

## Souhlas s diagnostickým/léčebným postupem

### MAGNETICKÁ RESONANCE

Jméno a příjmení pacienta .....

Rodné číslo .....

#### 1. Cíl a podstata diagnostického/léčebného postupu:

Cílem je detailně zobrazit a vyšetřit určitou část těla dle požadavků ošetřujícího lékaře. Během vyšetření je mnohdy nutné podat speciální kontrastní látku intravenózně – o této aplikaci rozhoduje lékař radiolog. Kontrastní látka zlepšuje hodnocení patologických procesů ve vyšetřované oblasti.

Zhotovené obrázky vyhodnotí lékař – radiolog většinou do 48 hodin a popis vyšetření se zašle ošetřujícímu lékaři.

#### 2. Výhody a nevýhody diagnostického / léčebného postupu:

Výhody: velmi přesné zobrazení bez radiační zátěže, dobrá dostupnost, rychlost vyšetření.

Nevýhody: nelze provést u pacientů s kardiostimulátorem, myo a neurostimulátory. Kovové předměty (kloubní náhrady, stenty, cévní svorky aj.) kdekoli v těle mohou ovlivnit kvalitu výsledných obrazů. Nevhodné u pacientek v prvním trimestru těhotenství.

#### 3. Jiné (alternativní) možnosti řešení současného zdravotního stavu mimo navrhovaný diagnostický / léčebný postup včetně výhod a nevýhod:

Ultrazvuk – dobře dostupné, žádná radiační zátěž, avšak nižší přesnost vyšetření.

CT – horší hodnocení jemných patologických změn, radiační zátěž vyšetření, často nutnost aplikace jodové kontrastní látky s rizikem alergie.

#### 4. Možná rizika a komplikující stavy diagnosticko/léčebného postupu

***Svým podpisem stvrzuji, že nemám v těle zavedený kardiostimulátor, neurostimulátor, myostimulátor či kovové cizí těleso (tělesa). Pakliže ano, informujte prosím neprodleně laboranta, sestru či lékaře MR pracoviště ještě před samotným vyšetřením.***

***Vyšetření s přítomností výše zmíněných stimulatorů či kovových těles může vést k závažnému poškození organismu až smrti.***

Prohlašuji, že jsem vysvětlil body 1. až 4. tohoto Souhlasu pacientovi/pacientce (event. zákonnému zástupci) způsobem, který byl podle mého soudu pro něho/ni srozumitelný. Dále jsem seznámil pacienta/pacientku (zákonného zástupce) s problémy, které mohou nastat během uzdravování

i s důsledky odmítnutí navrhovaného postupu.

.....  
Datum, jméno, příjmení, podpis a razítko **lékaře**

#### **Informace pro pacienta/pacientku (zák. zástupce):**

- 7) Přečtěte si laskavě pozorně obě strany tohoto listu.
- 8) Pokud jste plně nerozuměli lékařovu vysvětlení, nebo pokud potřebujete doplňující informace, neváhejte zeptat se lékaře.
- 9) Pokud souhlasíte s textem prohlášení, podepište jej.

**Prohlášení:** Prohlašuji, že jsem byl/a lékařem srozumitelně informován/a o faktech týkajících se diagnostického/léčebného postupu, který mně byl navržen. Měl/a jsem možnost klást lékaři doplňující dotazy a pokud tomu tak bylo, veškeré mé dotazy byly zodpovězeny. Jsem si vědom/a toho, že mám právo na druhý názor. Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím:

- s uvedeným diagnostickým/léčebným postupem;
- s tím, že může být proveden jakýkoliv další výkon, pokud by jeho neprovedení bezprostředně ohrozilo můj zdravotní stav.

**Jsem srozuměn/a s tím, že uvedený diagnostický/léčebný postup) musí být proveden lékařem, který mě o diagnostickém/léčebném postupu (body 1. až 4.) informoval, nenastanou-li mimořádné okolnosti, v důsledku kterých bude výkon proveden jiným lékařem.**

V nemocnici probíhá doškolování lékařů a výuka studentů lékařství a fyziatrie. Bez této výukové činnosti není možné vychovat odborníky a nové lékaře. Vaše vyšetření může být prováděno školenci pod bezprostředním a pečlivým dohledem odborných pracovníků nemocnice. Máte právo odmítnout, aby Vaše vyšetření prováděl personál v zácviu. Takové odmítnutí v žádném případě neovlivní léčebnou péči, která Vám je nemocnicí poskytována.

.....  
Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

#### **Poučení pro pacienty:**

Zájmem lékaře je vám pomoci. Lékař Vám vysvětlí podstatu léčebného postupu a seznámí Vás s možnými alternativami. Můžete mu položit doplňující otázky. Máte právo navržený léčebný postup odmítnout. Máte právo na druhý názor.

Po přečtení poučení mám tyto připomínky, námítky, požadavky:

.....  
.....  
.....

.....  
.....

Datum, jméno, příjmení a **podpis pacienta/pacientky** (zákonného zástupce)

*Garant: MUDr. Tomáš Belšan, CSc.*

*Informovaný souhlas naposledy revidován: prosinec 2013*

Příloha 8 - informovaný souhlas pacienta s provedením vyšetření magnetickou rezonancí

## INFORMOVANÝ SOUHLAS PACIENTA

s provedením vyšetření magnetickou rezonancí

Příjmení a jméno: .....

Rodné číslo: .....

Váha: ..... kg Číslo zdr. pojišťovny:.....

### MÁTE-LI KARDIOSTIMULÁTOR

**(nebo MYO/NEUROSTIMULÁTOR či INSULINOVOU PUMPU),**

**NESMÍTE BÝT VYŠETŘENI MAGNETICKOU REZONANCÍ!!!!**

**NEVSTUPUJTE K PŘÍSTROJI!!!! PROSÍME, INFORMUJTE PERSONÁL.**

***Prosíme, pečlivě vyplňte následující dotazník a označte zakroužkováním, zda jsou ve vašem těle následující kovové části či kovové přístroje:***

Kardiostimulátor, myo/neurostimulátor	ANO	NE
Kovové svorky po operaci mozku a mozkových cév	ANO	NE
Kovové kloubní náhrady, kovové dlahy	ANO	NE
Náhrady srdečních chlopní	ANO	NE
Kochleární implantát (sluchová náhrada)	ANO	NE
Kovové stěpiny v oku nebo jinde v těle	ANO	NE
Zhoršení funkce ledvin, dialýza	ANO	NE

Pokud jste označili u některé možnosti ANO, ihned na tuto skutečnost

**UPOZORNĚTE lékaře nebo laboranta oddělení magnetické rezonance!!!**

**Ženy v produktivním věku: Jste-li těhotná, nebo kojíte-li, upozorněte personál!**

**Dále informujte personál o onemocnění ledvin, dialýze!!!**

### KOVOVÉ ČÁSTI MOHOU ZPŮSOBIT ÚRAZ ČI POŠKOZENÍ PŘÍSTROJE

Než vstoupíte do vyšetřovny, **ODLOŽTE** v kabině: hodinky, klíče, drobné mince, šperky, vlásenky, opasek s kovovou přezkou, naslouchadla, brýle, zubní protézy, bankovní karty s magnetickým proužkem, mobilní telefony, protetické pomůcky



apod. Řiďte se pokyny personálu. Zubní implantáty nevadí.

Vyšetření magnetickou rezonancí se provádí v několika sériích. Celé vyšetření trvá 20 – 50 minut. Vyšetření není bolestivé. V jeho průběhu uslyšíte hlasité klapání, které je součástí vyšetření. Je nutné po celou dobu vyšetření ležet klidně a nehýbat se. Každý pohyb vede ke znehodnocení vyšetření.

V některých případech je nutná aplikace kontrastní látky. Alergická reakce na tuto látku je velmi vzácná. O nutnosti její aplikace rozhodne v průběhu vyšetření lékař. Vyhodnocení vyšetření provádí lékař oddělení magnetické rezonance.

***Prohlašuji, že jsem poučení rozuměl(-a) a že nemám kardiostimulátor.  
Nemám žádné další otázky. Souhlasím s vyšetřením i s podáním kontrastní látky.***

***V Praze dne.....  
Podpis pacienta nebo odpovědného zástupce***

Příloha 9- Metodický list intravaskulárního podání jódových kontrastních látek (JKL)

### **Metodický list intravaskulárního podání jódových kontrastních látek (JKL)**

Kontrastní látky slouží k lepšímu zobrazení anatomických struktur a orgánů, případně jejich funkce. Jsou nejčastěji aplikovány do cévního řečiště, mohou být podávány přímo do tkáně nebo preformovaných dutin lidského těla.

V současnosti u rentgenových technik používáme k intravaskulárnímu podání pozitivní kontrastní látky obsahující jód. Základní dělení jódových kontrastních látek (JKL) je na vysokoosmolální (cca 7x vyšší osmolalita oproti krvi), nízkoosmolální (2 x vyšší osmolalita) a izoosmolální. Intravaskulární podání JKL může u nemocných vyvolat výskyt nežádoucí reakce: ***alergoidní a chemotoxické (především nefrotoxické-kontrastní nefropatie, neurotoxické, kardiotoxické a další)***. Mezi faktory zvyšující riziko nežádoucí reakce patří: diabetes mellitus, renální insuficience, těžké kardiální a plicní onemocnění, astma bronchiale, předchozí reakce na JKL, polyvalentní alergie, děti a vysoký věk nemocných, hypertyreóza, feochromocytom a mnohočetný myelom. Celková incidence nežádoucích alergoidních reakcí na vysokoosmolální JKL je 6-8 %, u nízkoosmolálních JKL pouze 0,2-0,7 %. Nízkoosmolální kontrastní látky jsou dražší, vyvolávají však méně nežádoucích účinků, proto je jejich použití doporučováno u rizikových stavů.

*Tento metodický list řeší zásady intravaskulárního podání JKL a aktualizuje informace uvedené ve Stanovisku k používání různých intravenózních kontrastních látek (obor 809 – radiodiagnostika), vydaném ve Zpravodaji VZP ČR 5/1993, str. 12.*

## **TYPY NEŽÁDOUCÍCH REAKCÍ**

**Akutní reakce na JKL:** náhle vzniklé reakce, které se liší intenzitou příznaků a jejich subjektivním vnímáním. Pokud jsou příznaky málo klinicky významné, vyžadují pouze zvýšený dohled lékaře. Pokud nabývají na intenzitě, je nutná okamžitá léčebná intervence, u závažných stavů až kardiopulmonální resuscitace.

***Alergoidní (tj. alergické reakci podobná) reakce*** vzniká nezávisle na množství podané látky. Dochází při ní k uvolnění histaminu a serotoninu. Reakce mírného stupně se projevují urtikou, mírným bronchospazmem a mírným poklesem tlaku. Při těžké generalizované alergoidní reakci na JKL může dojít k hypotenzi, tachykardii, bronchospazmu, laryngeálnímu edému, edému plic nebo křečím.

***Chemotoxická reakce*** znamená přímé ovlivnění určitého orgánu, zejména sem patří ***kontrastní nefropatie***, kardiotoxicita a další. Tato reakce je přímo úměrná množství podané JKL a více jsou ohroženi nemocní v nestabilním klinickém stavu. Projevy jsou pocit horka, nauzea a zvracení. Hlavní zásadou snížení chemotoxicity je použití co nejmenšího možného množství JKL a **dostatečná hydratace každého nemocného před vyšetřením i po něm.**

**Pozdní reakce na JKL:** mohou vzniknout více jak jednu hodinu po podání JKL. Nejčastěji se jedná o lehkou či střední urtiku v rozmezí 3 – 48 hodin po aplikaci. Tyto reakce jsou pravděpodobně zprostředkovány T-lymfocyty a predispozici jejich vzniku mají nemocní s předchozí reakcí na JKL. Léčba zpožděných reakcí je symptomatická. Jejich výskyt je velmi vzácný.

## **ZÁSADY INTRAVASKULÁRNÍHO PODÁNÍ JKL**

Kontrastní látka je podávána pouze na pracovišti, které je zabezpečeno léčebnými prostředky pro léčbu nežádoucích reakcí a pro kardiopulmonální resuscitaci. Lékař, který JKL aplikuje, musí být vyškolen v léčbě nežádoucích reakcí a kardiopulmonální resuscitaci. Účinná premedikace rizikového pacienta kortikoidy vyžaduje jejich podání minimálně 6 - 12 hodin před aplikací JKL. Za premedikaci rizikového pacienta odpovídá indikující lékař. Existuje-li klinická suspekce na poruchu renálních funkcí, uvede indikující lékař na žádanku aktuální hodnotu sérového kreatininu.

### **Před aplikací JKL:**

- zajistíme **dostatečnou hydrataci** vyšetřované osoby p.o. nebo i.v. (obzvláště u starých osob a v teplých letních měsících)
  - bližší údaje k prevenci renálního poškození po aplikaci JKL viz níže v odstavci „Kontrastní nefropatie“
- 4 hodiny před výkonem vyšetřovaný omezí perorální příjem pouze na čiré tekutiny v malém množství (např. 100 ml/hod.), nepřijímá již žádnou pevnou stravu
- pro prevenci kontrastní nefropatie je žádoucí znát aktuální hodnotu hladiny kreatininu v séru
- odebereme alergickou anamnézu (včetně podání JKL v minulosti)
- zajistíme periferní cévní přístup (pro aplikaci JKL a pro případnou léčbu komplikací)

### **Po aplikaci JKL:**

- po dobu alespoň 30 minut observujeme vyšetřovaného, případně jej předáme do péče zdravotnickému personálu
- zajistíme dostatečnou hydrataci vyšetřovaného po dobu 24 hodin po aplikaci JKL, ambulantní pacienty informujeme o nutnosti dostatečné hydratace v tomto období

**Vysokoosmolální JKL je možno podat:**

- u nerizikových skupin nemocných bez alergické anamnézy a s normální funkcí ledvin
- premedikace není nutná

**Nízko-/izoosmolální JKL podáváme u rizikových pacientů, kam řadíme:**

1. děti do 15 let
2. věk nad 70 let
3. alergie nebo astma bronchiale v anamnéze (dlouhodobě bez léčby)
4. léčená polyvalentní alergie nebo astma bronchiale + **premedikace kortikoidy** (viz níže)
5. předchozí reakce na jodovou KL + **premedikace kortikoidy** (viz níže)
6. porucha funkce ledvin (hladina sérového kreatininu  $>130 \mu\text{mol/l}$ )
7. výkon bez zajištění řádné přípravy (perakutní výkon z vitální indikace při neznalosti renálních funkcí nebo alergické anamnézy, nespolehlivý údaj o době lačnění apod.)
8. nestabilní klinický stav (srdeční selhávání, pooperační stavy...)
9. akutní cévní mozková ischemická příhoda
10. kumulace kontrastních vyšetření (CT, angiografie, IVU atd.)
11. diabetes mellitus
12. mnohočetný myelom
13. osoby s transplantovanou ledvinou

**Premedikace rizikového pacienta (polyvalentní alergie, astma bronchiale, alergie na JKL):**

Prednison tbl: 40 mg (12-18 hodin před aplikací JKL) a 20 mg (6-9 hodin před aplikací JKL)

*v akutním případě, kdy není možné pacienta předem řádně připravit, podáváme kortikoidy a antihistaminikum i.v. (např. methylprednisolonum 40 mg a 1mg bisulepinum)*

*u závažných případů alergie se doporučuje premedikovat po dobu 24-48 hodin ve spolupráci s anesteziologem, který je dostupný při vyšetření s aplikací JKL.*

### **Relativní kontraindikace podání JKL:**

1. závažná alergická reakce na předchozí podání JKL
2. těžké funkční poruchy ledvin a jater (kreatinin nad 300  $\mu\text{mol/l}$ )
3. tyreotoxikóza (před podáním JKL nutno podávat tyreostatika – thiamazol: 3 dny před a pokračovat 2 týdny po podání)
4. mnohočetný myelom (při podání JKL nutno zajistit řádnou hydrataci k prevenci precipitace bílkoviny v ledvinách)
5. léčba a vyšetření radioaktivními izotopy jódu (JKL nesmí být podána 2 měsíce před léčbou a izotopovým vyšetřením štítné žlázy)

U těchto stavů vždy zvážit provedení jiného typu vyšetření (UZ, MR), případně podání *alternativní kontrastní látky* ( $\text{CO}_2$ ).

### **KONTRASTNÍ NEFROPATIE (KN)**

**Kontrastní nefropatie:** je akutní zhoršení ledvinných funkcí vzniklé po podání JKL, kde byla vyloučena jiná příčina. Je definována jako zvýšení sérového kreatininu o více než 25 % či 44  $\mu\text{mol/l}$  během 48 hodin oproti hladině před podáním JKL. Její incidence u jedinců s normální hladinou kreatininu je 0-10 %. U nemocných s rizikovými faktory však její incidence stoupá až na 25 %.

### **Rizikové stavy KN:**

- diabetes mellitus (diabetická nefropatie s hladinou sérového kreatininu  $>100 \mu\text{mol/l}$ )
- perorální antidiabetika-biguanidy: nebezpečí laktátové acidózy při zhoršení ledvinných funkcí
- dehydratace
- kardiální dekompenzace
- podávání nefrotoických léků (např. gentamycin, cisplatina, nesteroidní antiflogistika, imunosupresiva)
- kumulace kontrastních vyšetření

## Prevence KN

- dostatečná hydratace!
  - perorálně zvýšit příjem tekutin 24 hodin před i po vyšetření (obzvláště důležité u starších osob a v teplých letních měsících); 4 hodiny před aplikací JKL omezit p.o. příjem na 100 ml/hod
  - v případě intravenózní aplikace tekutin: podání 0,9% roztoku NaCl i.v. rychlostí 1-2 ml/kg/hod po dobu minimálně 4 hodin před a 24 hodin po vyšetření (množství i.v. podaných tekutin je nutno modifikovat u osob se srdečním selháním)
- použití nízko-/izoosmolální JKL
- preferovat JKL s nízkou viskozitou
- biguanidy (perorální antidiabetika), nesteroidní antirevmatika, případně jiné nefrotoxické léky vysadit 48 hodin před podáním JKL
- u katetrizačních výkonů zvážit podání alternativní KL (např. CO<sub>2</sub>)
- zvážit podání nefroprotektivních látek (acetylcystein, infuze hydrogenuhličitanu sodného)

*Upozornění:* hemodialýza provedená i krátce po podání JKL nemůže efektivně zabránit případnému rozvoji KN! Důraz je proto kladen na prevenci KN, především dostatečnou hydrataci!

## Maximální doporučená dávka jódové kontrastní látky:

U nemocných s normální funkcí ledvin (hladina sérového kreatininu < 100 µmol/l) a při dostatečné hydrataci je horní orientační hranice dávky do 300 ml JKL s koncentrací 300 mg jódu/ml. U zhoršené funkce ledvin (kreatinin 130-300 µmol/l) klesá maximální doporučené množství podané JKL pod 150 ml.

U nemocných s poškozenými renálními funkcemi lze vypočítat maximální dávku JKL při optimální hydrataci dle vzorce:

$$\text{objem JKL (300 mg I/ml) v ml} = \frac{5 \times \text{hmotnost (max 60 kg)}}{\text{hladina kreatininu } \mu\text{mol/l} / 88}$$

## **Literatura:**

1. Aspelin P, Aubry P, Fransson SG et al. Nephrotoxic effects in high-risk patients undergoing angiography. *N Engl J Med* 2003, 348: 491-499.
2. Krajina A, Lojík M, Mašková J. Angiografie oxidem uhličitým. *Čes Radiol* 2000, 54: 290-296.
3. Birck R, Krzossok S, Markowetz F et al. Acetylcysteine for prevention of contrast nephropathy: meta-analysis. *Lancet* 2003, 303: 598-603.
4. Merten GJ, Burgess WP, Gray LV et al. Prevention of contrast-induced nephropathy with sodium bicarbonate: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004, 291: 2328-2334.
5. Morcos SK. Prevention of contrast media-induced nephrotoxicity after angiographic procedures. *J Vasc Interv Radiol* 2005, 16: 13-23.
6. Dehnarts T, Keller E, Gondolf K et al. Effect of haemodialysis after contrast medium administration in patients with renal insufficiency. *Nephrol Dial Transplant* 1998, 13: 358-362.
7. Marenzi G, Marana I, Lauri G et al. The prevention of radiocontrast-agent-induced nephropathy by hemofiltration. *N Engl J Med* 2003, 349: 1330-1340.
8. Erley CM. Does hydration prevent radiocontrast-induced acute renal failure? *Nephrol Dial Transplant* 1999, 14: 1064-1066.
9. Cochran ST, Bomyea K, Sayre JW. Trends in adverse events after IV administration of contrast media. *Am J Roentgenol* 2001, 176: 1385-1388.
10. European Society of Urogenital Radiology Contrast Media Safety Committee. Guidelines on Contrast Media (version 5.0). ESUR 2006.
11. Thomsen HS (Ed.) Contrast Media. Safety Issues and ESUR Guidelines. Springer Verlag, Heidelberg 2006. ISBN: 3-540-20448-2.